

PCT

WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :<br><b>C07F 17/00, C08F 10/00</b>  |  | A1   | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/31090</b><br><br>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>2. Juni 2000 (02.06.00)</b> |
| <br>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP99/08851</b>  |  | <br>(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). |  |
| <br>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>18. November 1999<br/>(18.11.99)</b>  |  | <br>(72) Erfinder; und<br>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BINGEL, Carsten [DE/DE]; Elsa-Brandström-Strasse 13-15, D-65830 Kriftel (DE). BRINTZINGER, Hans-Herbert [DE/CH]; Unterdorfstrasse 17, CH-8274 Tägerwilen (CH). DAMRAU, Hans-Robert-Hellmuth [DE/DE]; Bodanstrasse 21, D-78462 Konstanz (DE). MÜLLER, Patrik [DE/DE]; Erfurter Strasse 91, D-67663 Kaiserslautern (DE). SUHM, Jürgen [DE/DE]; Friesenstrasse 16, D-67063 Ludwigshafen (DE).  |  |
| <br>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): TARGOR GMBH [DE/DE]; D-55116 Mainz (DE).   |  | <br>(74) Anwalt: STARK, Vera; BASF Aktiengesellschaft, D-67056 Ludwigshafen (DE).  |  |
| <br>(54) Title: METALLOCENE MONOHALOGENIDES<br><br>(54) Bezeichnung: METALLOCENMONOHALOGENIDE<br><br>(57) Abstract<br><br>The invention relates to new metallocene monohalogenides, a method for producing same and their use in the polymerisation of olefins. |  |  |  |
| <br>(57) Zusammenfassung<br><br>Die vorliegende Erfindung betrifft neuartige Metallocenmonohalogenide, ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie deren Verwendung in der Polymerisation von Olefinen.  |  |  |  |

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                             |    |   |    |                                |
|----|------------------------------|----|-----------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                     | LS | Lesotho   | SI | Slowenien                      |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                    | LT | Litauen   | SK | Slowakei                       |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                  | LU | Luxemburg                                       | SN | Senegal                        |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                       | LV | Lettland  | SZ | Swasiland                      |
| AZ | Aserbaidschan                | GB | Vereinigtes Königreich      | MC | Monaco  | TD | Tschad                         |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                    | MD | Republik Moldau                                 | TG | Togo                           |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                       | MG | Madagaskar                                      | TJ | Tadschikistan                  |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                      | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                   |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                | ML | Mali  | TR | Türkei                         |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                      | MN | Mongolei  | TT | Trinidad und Tobago            |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                      | MR | Mauritanien                                     | UA | Ukraine                        |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                      | MW | Malawi  | UG | Uganda                         |
| BY | Belarus                      | IS | Island                      | MX | Mexiko  | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                     | NE | Niger   | UZ | Usbekistan                     |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                       | NL | Niederlande                                     | VN | Vietnam                        |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                       | NO | Norwegen  | YU | Jugoslawien                    |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                 | NZ | Neuseeland                                      | ZW | Zimbabwe                       |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik | PL | Polen   |    |                                |
| CM | Kamerun                      | KR | Korea                       | PT | Portugal  |    |                                |
| CN | China                        | KZ | Republik Korea              | RO | Rumänien  |    |                                |
| CU | Kuba                         | KZ | Kasachstan                  | RU | Russische Föderation                            |    |                                |
| CZ | Tschechische Republik        | LC | St. Lucia                   | SD | Sudan   |    |                                |
| DE | Deutschland                  | LI | Liechtenstein               | SE | Schweden  |    |                                |
| DK | Dänemark                     | LK | Sri Lanka                   | SG | Singapur  |    |                                |
| EE | Estland                      | LR | Liberia                     |    |   |    |                                |

**Metallocenmonohalogenide****Beschreibung**

5

Die vorliegende Erfindung betrifft speziell substituierte Metallocene, ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie deren Verwendung in der Polymerisation von Olefinen.

10 Metallocene können, gegebenenfalls in Kombination mit einem oder mehreren Co-Katalysatoren, als Katalysatorkomponente für die Polymerisation und Copolymerisation von Olefinen verwendet werden. Insbesondere werden als Katalysatorvorstufen halogenhaltige Metallocene eingesetzt, die sich beispielsweise durch ein  
15 Aluminoxan in einen polymerisationsaktiven kationischen Metallocenkomplex überführen lassen (EP-A-129368).

Die Herstellung von Metallocenen ist an sich bekannt (US  
20 4,752,597; US 5,017,714; EP-A-320762; EP-A-416815; EP-A-537686;  
EP-A- 669340; H.H. Brintzinger et al.; Angew. Chem., 107 (1995),  
1255; H.H. Brintzinger et al., J. Organomet. Chem. 232 (1982),  
233). Dazu können zum Beispiel Cyclopentadienyl-Metall-Verbindungen mit Halogeniden von Übergangsmetallen wie Titan, Zirkonium  
25 und Hafnium umgesetzt werden. Die gebildeten Metallocendihalogene, in der Regel die Metallocendichloride, sind im Falle der technisch interessanten racemischen Ansa-Bis-indenyl-Metallocene,  
die für die Herstellung von isotaktischem Polypropylen benötigt werden (EP 0485823, EP 0549900, EP 0576970, WO 98/40331), in der  
30 Regel schwer lösliche Verbindungen.

Sowohl bei der Darstellung des polymerisationsaktiven kationischen Metallocenkatalysatorsystems in ungeträgerter oder geträgerter Form, als auch für die Aufreinigung des racemischen  
35 Metallocenes, also der Katalysatorvorstufe, durch Kristallisationstechniken, wäre eine bessere Löslichkeit der technisch interessanten Metallocene wünschenswert.

Es bestand somit die Aufgabe, gut lösliche Metallocene zu finden,  
40 die nach Umwandlung in die polymerisationsaktive Spezie, mindestens die gleiche Polymerisationsperformance zeigen wie die Katalysatorsysteme, die aus den schwer löslichen Metallocendichloriden hergestellt werden.

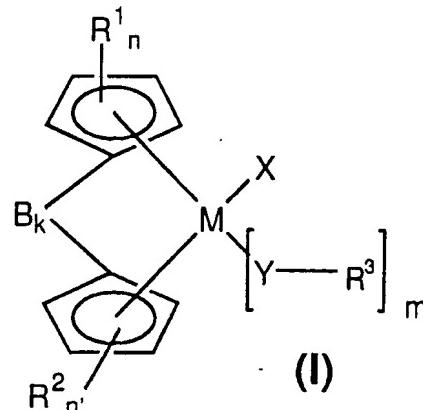
45 Es wurde nun überraschenderweise gefunden, daß durch speziell substituierte Metallocene, nämlich Metallocenmonohalogenide, die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst wird.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind Verbindungen der Formel (I),

5

10

15



worin

M ein Metall der III., IV., V. oder VI. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente ist, insbesondere Ti, Zr oder Hf, besonders bevorzugt Zirkonium,

R<sup>1</sup> gleich oder verschieden sind und Si(R<sup>12</sup>)<sub>3</sub> ist, worin R<sup>12</sup> gleich oder verschieden ein Wasserstoffatom oder eine C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub>-kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoralkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxy, C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub>-Aryl, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoraryl, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxy, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylaryl oder C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenyl,

R<sup>1</sup> oder R<sup>1</sup> eine C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, wie Methyl, Ethyl, tert.-Butyl, Cyclohexyl oder Octyl, C<sub>2</sub>-C<sub>25</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>24</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl oder C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkoxy ist,

oder zwei oder mehrere Reste R<sup>1</sup> können so miteinander verbunden sein, daß die Reste R<sup>1</sup> und die sie verbindenden Atome des Cyclopentadienyrringes ein C<sub>4</sub>-C<sub>24</sub>-Ringsystem bilden, welches seinerseits substituiert sein kann,

R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und Si(R<sup>12</sup>)<sub>3</sub> ist, worin R<sup>12</sup> gleich oder verschieden ein Wasserstoffatom oder eine C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub>-kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoralkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxy, C<sub>6</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoraryl,

C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxy, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylaryl oder C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenyl,

oder R<sup>2</sup> eine C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt  
5 C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, wie Methyl, Ethyl, tert.-Butyl, Cyclohexyl oder  
Octyl, C<sub>2</sub>-C<sub>25</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl,  
C<sub>5</sub>-C<sub>24</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl, fluor-  
haltiges C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, fluorhaltig-  
10 ges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl oder  
C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkoxy ist,

oder zwei oder mehrere Reste R<sup>2</sup> können so miteinander ver-  
bunden sein, daß die Reste R<sup>2</sup> und die sie verbindenden Atome  
15 des Cyclopentadienyrringes ein C<sub>4</sub>-C<sub>24</sub>-Ringsystem bilden, wel-  
ches seinerseits substituiert sein kann,

R<sup>3</sup> gleich oder verschieden eine C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub> - kohlenstoffhaltige  
Gruppe, bevorzugt C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, wie Methyl, Ethyl, tert.-  
20 Butyl, Cyclohexyl oder Octyl, C<sub>2</sub>-C<sub>25</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylal-  
kenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>24</sub>-Heteroaryl wie Pyridyl, Furyl oder  
Chinolyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges  
C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, fluorhaltiges  
C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl ist,

25 X ein Halogenatom, insbesondere Chlor, ist,

Y ein Element der 6. Hauptgruppe des Periodensystems der Ele-  
mente oder ein Fragment CH<sub>2</sub>, CR<sup>3</sup><sub>2</sub>, NR<sup>3</sup>, PR<sup>3</sup> oder P(=O)R<sup>3</sup> ist,  
30 insbesondere Sauerstoff, Schwefel oder NR<sup>3</sup>, besonders bevor-  
zugt Sauerstoff,

n gleich 1 bis 5 für k = 0, und n gleich 0 bis 4 für k = 1 ist,

35 n' gleich 1 bis 5 für k = 0, und n' gleich 0 bis 4 für k = 1  
ist,

m gleich 1 bis 3 ist, bevorzugt 1,

40 k gleich Null oder 1 ist, wobei für k = 0 ein unverbrücktes  
Metallocen, für k = 1 ein verbrücktes Metallocen vorliegt,  
wobei k = 1 bevorzugt ist, und

B ein verbrückendes Strukturelement zwischen den beiden Cyclo-  
pentadienyrringen bezeichnet.

Beispiele für B sind Gruppen  $M^3R^{13}R^{14}$ , worin  $M^3$  Kohlenstoff, Silizium, Germanium oder Zinn ist und  $R^{13}$  und  $R^{14}$  gleich oder verschieden eine  $C_1-C_{20}$ -kohlenwasserstoffhaltige Gruppe wie  $C_1-C_{10}$ -Alkyl,  $C_6-C_{14}$ -Aryl oder Trimethylsilyl bedeuten. Bevorzugt ist B 5 gleich  $CH_2$ ,  $CH_2CH_2$ ,  $CH(CH_3)CH_2$ ,  $CH(C_4H_9)C(CH_3)_2$ ,  $C(CH_3)_2$ ,  $(CH_3)_2Si$ ,  $(CH_3)_2Ge$ ,  $(CH_3)_2Sn$ ,  $(C_6H_5)_2Si$ ,  $(C_6H_5)(CH_3)Si$ ,  $Si(CH_3)(SiR^{20}R^{21}R^{22})$ ,  $(C_6H_5)_2Ge$ ,  $(C_6H_5)_2Sn$ ,  $(CH_2)_4Si$ ,  $CH_2Si(CH_3)_2$ , o- $C_6H_4$  oder 10  $2,2'-(C_6H_4)_2$ . Wobei  $R^{20}R^{21}R^{22}$  gleich oder verschieden eine  $C_1-C_{20}$ -kohlenwasserstoff-haltige Gruppe wie  $C_1-C_{10}$ -Alkyl oder 15  $C_6-C_{14}$ -Aryl bedeuten. B kann auch mit einem oder mehreren Resten  $R^1$  und/oder  $R^2$  ein mono- oder polycyclisches Ringsystem bilden. Bevorzugt sind verbrückte Metallocenverbindungen der Formel (I), insbesondere solche in denen k gleich 1 ist und einer oder beide Cyclopentadienytringe so substituiert sind, daß sie einen Indenylring darstellen. Der Indenylring ist bevorzugt substituiert, 20 insbesondere in 2-, 4-, 2,4,5-, 2,4,6-, 2,4,7 oder 2,4,5,6-Stellung, mit  $C_1-C_{20}$ -kohlenstoffhaltigen Gruppen, wie  $C_1-C_{18}$ -Alkyl oder  $C_6-C_{18}$ -Aryl, wobei auch zwei oder mehrere Substituenten des Indenylrings zusammen ein Ringsystem bilden können.

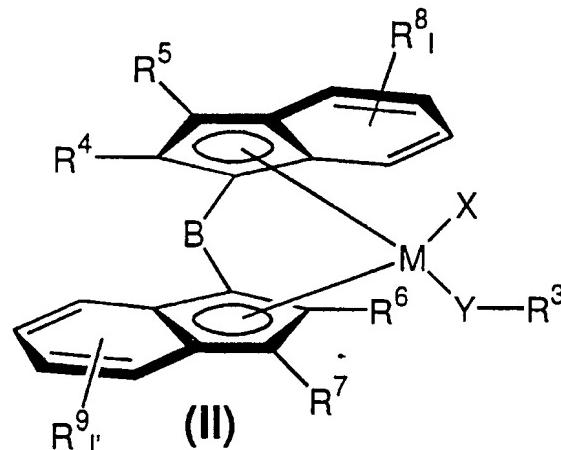
20

Besonders bevorzugt sind verbrückte Metallocenverbindungen der Formel (II),

25

30

35



worin

M gleich Ti, Zr oder Hf ist, besonders bevorzugt Zirkonium,

40

$R^3$  gleich oder verschieden eine  $C_1-C_{30}$  - kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt  $C_3-C_{10}$ -Alkyl, wie iso-Propyl, tert.-Butyl, Cyclohexyl oder Octyl,  $C_6-C_{24}$ -Aryl,  $C_5-C_{24}$ -Heteroaryl wie Pyridyl, Furyl oder Chinolyl,  $C_7-C_{30}$ -Arylalkyl,  $C_7-C_{30}$ -Alkylaryl, fluorphaltiges  $C_6-C_{24}$ -Aryl, fluorphaltiges  $C_7-C_{30}$ -Arylalkyl oder fluorphaltiges  $C_7-C_{30}$ -Alkylaryl ist,

45

- R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>-Alkyl, wie Methyl, Ethyl, n-Butyl, Cyclohexyl oder Octyl, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>18</sub>-Heteroaryl wie Pyridyl, Furyl oder Chinolyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl ist,
- 10 R<sup>5</sup>, R<sup>7</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>-Alkyl, wie Methyl, Ethyl, n-Butyl, Cyclohexyl oder Octyl, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>18</sub>-Heteroaryl wie Pyridyl, Furyl oder Chinolyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl ist,
- 15 R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, Halogenatom oder eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe bedeuten, bevorzugt eine lineare oder verzweigte C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>-Alkylgruppe, wie Methyl, Ethyl, tert.-Butyl, Cyclohexyl oder Octyl, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalke-nyl, eine C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Arylgruppe, die gegebenenfalls substituiert sein kann, insbesondere Phenyl, Tollyl, Xylyl, tert.-Butylphenyl, Ethylphenyl, Di-tert.-butylphenyl, Naphthyl, Acenaphthyl, Phenanthrenyl oder Anthracenyl, C<sub>5</sub>-C<sub>18</sub>-Heteroaryl wie Pyridyl, Furyl oder Chinolyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl sind, und zwei Reste R<sup>8</sup> oder R<sup>9</sup> ein mono- oder polycyclisches Ringssystem bilden können, das seinerseits gegebenenfalls substituiert sein kann,
- 20 X ein Halogenatom, insbesondere Chlor, ist,
- 25 Y ein Element der 6. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente oder ein Fragment CH<sub>2</sub>, CR<sup>3</sup><sub>2</sub>, NR<sup>3</sup>, PR<sup>3</sup> oder P(=O)R<sup>3</sup> ist, insbesondere Sauerstoff, Schwefel oder NR<sup>3</sup>, besonders bevorzugt Sauerstoff ist,
- 30 1, 1' gleich oder verschieden eine ganze Zahl zwischen Null und 4, bevorzugt 1 oder 2, besonders bevorzugt gleich 1 sind,
- 35 45

B ein verbrückendes Strukturelement zwischen den beiden Idenylresten bezeichnet.

Beispiele für B sind Gruppen  $M^3R^{13}R^{14}$ , worin  $M^3$  Kohlenstoff, Silizium, Germanium oder Zinn ist, bevorzugt Kohlenstoff und Silizium, und  $R^{13}$  und  $R^{14}$  gleich oder verschieden Wasserstoff, eine  $C_1-C_{20}$ -kohlenwasserstoffhaltige Gruppe wie  $C_1-C_{10}$ -Alkyl,  $C_6-C_{14}$ -Aryl oder Trimethylsilyl bedeuten. Bevorzugt ist B gleich  $CH_2$ ,  $CH_2CH_2$ ,  $CH(CH_3)CH_2$ ,  $CH(C_6H_5)C(CH_3)_2$ ,  $C(CH_3)_2$ ,  $(CH_3)_2Si$ ,  $(CH_3)_2Ge$ ,  $(CH_3)_2Sn$ ,  $(C_6H_5)_2C$ ,  $(C_6H_5)_2Si$ ,  $(C_6H_5)(CH_3)Si$ ,  $Si(CH_3)(SiR^{20}R^{21}R^{22})$ ,  $(C_6H_5)_2Ge$ ,  $(C_6H_5)_2Sn$ ,  $(CH_2)_4Si$ ,  $CH_2Si(CH_3)_2$ ,  $\alpha-C_6H_4$  oder  $2,2'-(C_6H_4)_2$ . Wobei  $R^{20}R^{21}R^{22}$  gleich oder verschieden eine  $C_1-C_{20}$ -kohlenwasserstoffhaltige Gruppe wie  $C_1-C_{10}$ -Alkyl oder  $C_6-C_{14}$ -Aryl bedeuten.

15

Ganz besonders bevorzugt sind verbrückte Metallocenverbindungen der Formel (II),

worin

20

M gleich Zirkonium ist,

R<sup>3</sup>

eine  $C_1-C_{30}$  - kohlenstoffhaltige Gruppe, bevorzugt  $C_3-C_{10}$ -Alkyl, wie iso-Propyl, tert.-Butyl, Cyclohexyl oder Octyl,  $C_6-C_{24}$ -Aryl,  $C_5-C_{24}$ -Heteroaryl wie Pyridyl, Furyl oder Chinolyl,  $C_7-C_{30}$ -Arylalkyl,  $C_7-C_{30}$ -Alkylaryl, fluorhaltiges  $C_6-C_{24}$ -Aryl, fluorhaltiges  $C_7-C_{30}$ -Arylalkyl oder fluorhaltiges  $C_7-C_{30}$ -Alkylaryl ist,

30 R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup>

gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder eine  $C_1-C_{12}$ -Alkylgruppe, bevorzugt eine Alkylgruppe wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl oder Octyl sind, besonders bevorzugt Methyl oder Ethyl ist,

35

R<sup>5</sup>, R<sup>7</sup> gleich Wasserstoffatome sind,

R<sup>8</sup> und R<sup>9</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, Halogenatom oder eine  $C_1-C_{20}$  - kohlenstoffhaltige Gruppe

40

bedeuten, bevorzugt eine lineare oder verzweigte  $C_1-C_8$ -Alkylgruppe, wie Methyl, Ethyl, tert.-Butyl, Cyclohexyl oder Octyl,  $C_2-C_6$ -Alkenyl,  $C_3-C_6$ -Alkylalkenyl, eine  $C_6-C_{18}$ -Arylgruppe, die gegebenenfalls substituiert sein kann, insbesondere Phenyl, Tollyl, Xylyl, tert.-Butylphenyl, Ethylphenyl, Di-tert.-butylphenyl, Naphthyl, Acenaphthyl, Phenanthrenyl oder Anthracenyl,  $C_5-C_{18}$ -Heteroaryl wie Pyridyl, Furyl oder Chinolyl,  $C_7-C_{12}$ -Arylalkyl,

C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylaryl ist,

X Chlor ist,

5

Y Sauerstoff ist,

1, 1' gleich oder verschieden eine ganze Zahl zwischen Null und 4, bevorzugt 1 oder 2, besonders bevorzugt gleich 1 ist,

10

B ein verbrückendes Strukturelement zwischen den beiden Indenylresten bezeichnet, wobei bevorzugt B gleich (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Si, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Ge, (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Si, (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)(CH<sub>3</sub>)Si, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>, CH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>, CH(C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>, C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>C ist, 15 besonders bevorzugt (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Si, CH<sub>2</sub> und CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub> ist.

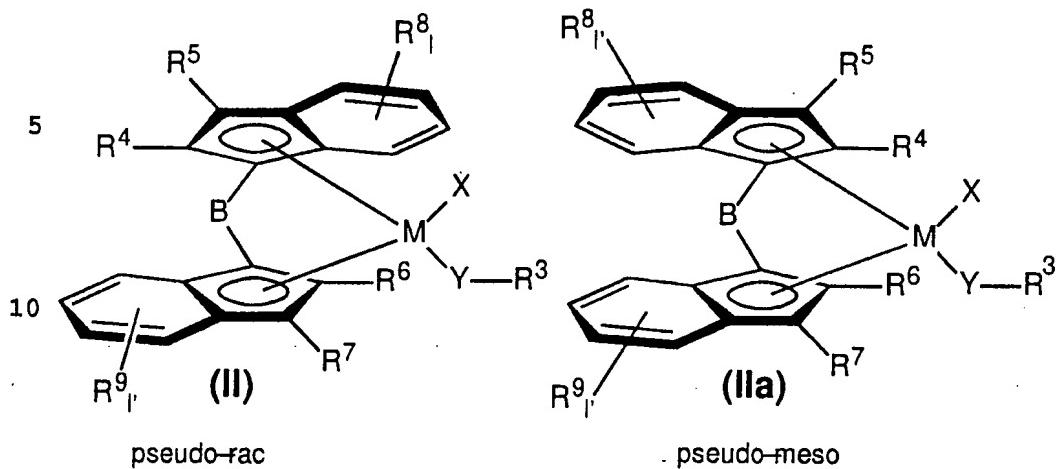
Die erfindungsgemäßen Metallocene der Formeln I und II zeichnen sich dadurch aus, daß sie im Vergleich zu den entsprechenden Metallocen-Dichloriden (X=Cl und Y-R<sup>3</sup> = Cl) eine deutlich bessere

20 Löslichkeit in inerten organischen Lösungsmitteln zeigen. Eine deutliche besser Löslichkeit soll bedeutet, daß sich die molaren Konzentrationen im organischen Lösungsmittel mindestens verdoppeln; bevorzugt mehr als vervierfachen und ganz besonders bevorzugt mehr als verachtfachen. Ein weiterer Vorteil ist darin zu 25 sehen, daß die erfindungsgemäßen Verbindungen ein besseres Kristallisationsverhalten aus inerten organischen Lösungsmittel zeigen, wodurch ihre Aufreinigung erleichtert wird.

Als inerte organische Lösungsmittel für Metallocene werden für 30 gewöhnlich aliphatische oder aromatische Kohlenwasserstoffe, aber auch halogenhaltige, sauerstoffhaltige oder stickstoffhaltige Kohlenwasserstoffe eingesetzt. Nicht einschränkende Beispiele für die einzelnen Lösungsmittelklassen sind Heptan, Toluol, Dichlorbenzol, Methylenchlorid, Tetrahydrofuran oder Triethylamin.

35

Statt der reinen chiralen verbrückten Metallocenverbindungen der Formel (II) (pseudo-rac) können bei der Katalysatorherstellung auch Gemische aus den Metallocenen der Formel (II) und den entsprechenden pseudo-meso Metallocenen der Formel (IIa) zur Katalysatorherstellung eingesetzt werden.



15

Erläuternde, jedoch nicht einschränkende Beispiele für die erfundungsgemäßen Metallocene sind:

Dimethylsilanediylbis(indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

20 Dimethylsilanediylbis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Methyldienbis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

#### Isopropylidenbis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-

### 25 mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Dimethylsilanediylbis(2-methyl-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Dimethylsilanediylbis(4-naphthyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

30 Dimethylsilanediylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Methylenbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Isopropylidenbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)-zirkonium-mo-

### 35 nochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Dimethylsilanediylbis(2-methyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Dimethylsilanediylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

40 Methylidenbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Isopropylidenbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert-butyl-phenolat)

Dimethylsilanediylbis(2-methyl-4-t-butyl-indenyl)-zirkonium-m-

45 nochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

Dimethylsilanediylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert-butyl-phenolat)

- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-ethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2,4-dimethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 5 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-ethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 10 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Methylidenbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 15 Isopropylidenbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5 diisopropyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 20 Dimethylsilandiylbis(2,4,6-trimethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2,5,6-trimethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 25 Dimethylsilandiylbis(2,4,7-trimethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-t-butyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 30 Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 35 Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-(methylbenzo)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 40 Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-(tetramethylbenzo)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 45 Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

- 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 1,4-Butandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 5 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)-zirkonium-  
monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 1,4-Butandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)-zirkonium-monoch-  
loro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 1,4-Butandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-mono-  
10 chloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-mono-  
chloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 1,2-Ethandiylbis(2,4,7-trimethyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 15 1,2-Ethandiylbis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 1,4-Butandiylbis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- [4-( $\eta^5$ -Cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5-tetrahydropenta-  
20 len)]- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- [4-( $\eta^5$ -3'-Trimethylsilyl-cyclopentadienyl)-4,6,6-trime-  
thy1-( $\eta^5$ -4,5-tetrahydropentalen)]-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- [4-( $\eta^5$ -3'-Isopropyl-cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-(5-4,5-  
25 tetrahydropentalen)]- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-  
butyl-phenolat)
- [4-( $\eta^5$ -Cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroin-  
denyl)]- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- [4-( $\eta^5$ -3'-tert.Butyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-  
30 ( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]- zirkonium-monochloro-mono-  
(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 4-( $\eta^5$ -3'-Methylcyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-(5-4,5,6,7-tetra-  
hydroindenyl)]- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-  
phenolat)
- 35 4-( $\eta^5$ -3'-Trimethylsilyl-cyclopentadienyl)-2-trimethylsilyl-  
4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]- zirkonium-monoch-  
loro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Bis-(1,3-dimethylcyclopentadienyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 40 Dimethylsilandiylbis(tetrahydroindenyl)-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Isopropyliden-bisindenyl-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-  
butyl-phenolat)
- Isopropyliden-cyclopentadienyl-9-fluorenyl-zirkonium-monochloro-  
45 mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Isopropyliden-cyclopentadienyl-indenyl-zirkonium-monochloro-  
mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

- Diphenylmethyliden-(cyclopentadienyl)-(9-fluorenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Diphenylmethyliden-(3-methyl-cyclopentadienyl)-(9-fluorenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 5 Diphenylmethyliden-(3-isopropyl-cyclopentadienyl)-(9-fluorenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Diphenylmethyliden-(3-tert.-butyl-cyclopentadienyl)-(9-fluorenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiyl-cyclopentadienyl-9-fluorenyl-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 10 Dimethylsilylidiyl-cyclopentadienyl-9-fluorenyl-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(tert-butyl-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 15 Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4-methyl-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4-ethyl-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4-trifluormethyl-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 20 Dimethylsilylidiylbis(2-ethyl-4-(4-methoxy-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-ethyl-4-(4-tert-butyl-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 25 Dimethylsilylidiylbis(2-ethyl-4-(4-ethyl-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-ethyl-4-(4-trifluormethyl-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-ethyl-4-(4-methoxy-phenyl-indenyl))-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 30 Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(3',5'-di-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 35 Methylidenbis(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Isopropylidenbis(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4'-methyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 40 Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4'-ethyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4'-n-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 45 Dimethylsilylidiylbis(2-methyl-4-(4'-iso-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(4'-n-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(4'-hexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 5 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(4'-sec-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-methyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 10 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-ethyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-n-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 15 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-iso-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-n-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-hexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 20 20 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-pentyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-cyclohexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 25 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-sec-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(3',5'-di-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 30 Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Methylidenbis(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Isopropylidenbis(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 35 Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-methyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-ethyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 40 40 Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-n-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-iso-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 45 Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-n-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

- Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-hexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-cyclohexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 5 Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-sec-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-propyl-4-(3',5'-di-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 10 Methylidenbis(2-n-propyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Isopropylidenbis(2-n-propyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 15 Dimethylsilandiylbis(2-n-butyl-4-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-butyl-4-(4'-methyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-butyl-4-(4'-ethyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 20 Dimethylsilandiylbis(2-n-butyl-4-(4'-n-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-n-butyl-4-(4'-iso-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 25 Dimethylsilandiylbis(2-n-butyl-4-(4'-n-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-methyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 30 Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-cyclohexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-sec-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 35 Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-ethyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-n-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-iso-propyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 40 Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-ethyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-n-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-methyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 45 Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-hexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-n-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)

- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-hexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-cyclohexyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 5 Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-sec-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylgermandiylbis(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 10 Dimethylgermandiylbis(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Ethylidenbis(2-ethyl-4-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 15 Ethylidenbis(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Ethylidenbis(2-n-propyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Ethylidenbis(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkon-
- 20 nium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Methylethylidenbis(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylazapentalen)(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 25 Dimethylsilandiyl(2-methylazapentalen)(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylazapentalen)(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 30 Dimethylsilandiyl(2-methylazapentalen)(2-ethyl-4-(4'-tert-butyl-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylazapentalen)(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 35 Dimethylsilandiyl(2-methylazapentalen)(2-n-propyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-ethylazapentalen)(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 40 Dimethylsilandiyl(2-ethylazapentalen)(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat))
- Dimethylsilandiyl(2-ethylazapentalen)(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- 45 Dimethylsilandiyl(2-ethylazapentalen)(2-ethyl-4-(4'-tert-butyl-phenyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat))

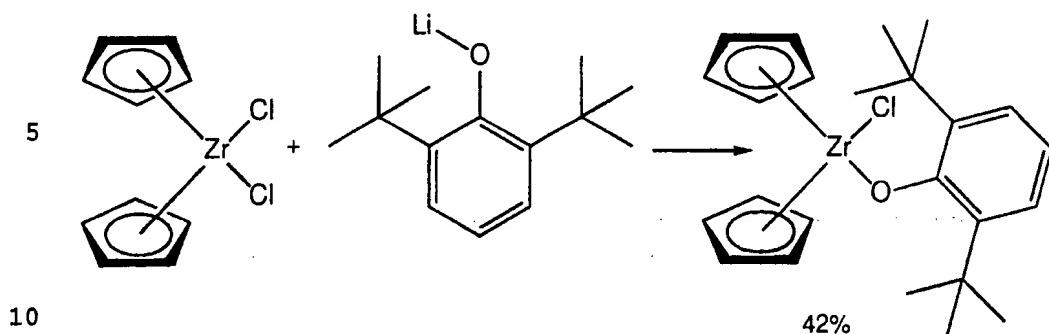
- Dimethylsilandiyl(2-ethylazapentalen)(2-methyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-ethylazapentalen)(2-n-propyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylthiapentalen)(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylthiapentalen)(2-methyl-4-phenyl-indenyl)
- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylthiapentalen)(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)
- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylthiapentalen)(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-methylthiapentalen)(2-n-propyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-ethylthiapentalen)(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-ethylthiapentalen)(2-methyl-4-phenyl-indenyl)
- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-ethylthiapentalen)(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)
- zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Dimethylsilandiyl(2-ethylthiapentalen)(2-ethyl-4-(4'-tert.-butyl-phenyl)-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)
- Des weiteren sind die Metallocene, bei denen das Zirkoniumfragment "-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat)" die Bedeutungen
- Zirkonium-monochloro-mono-(2,6-di-tert.-butyl-phenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(3,5-di-tert.-butyl-phenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(2,6-di-sec.-butyl-phenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-methylphenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(2,3-di-methylphenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(2,5-di-methylphenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(2,6-di-methylphenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(3,4-di-methylphenolat)
- Zirkonium-monochloro-mono-(3,5-di-methylphenolat)
- Zirkonium-monochloro-monophenolat
- Zirkonium-monochloro-mono-(2-methylphenolat)

## 16

- Zirkonium-monochloro-mono- (3-methylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (4-methylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-ethylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (3-ethylphenolat)  
5 Zirkonium-monochloro-mono- (4-ethylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-sec.-butylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-tert.-butylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (3-tert.-butylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (4-sec.-butylphenolat)  
10 Zirkonium-monochloro-mono- (4-tert.-butylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-isopropyl-5-methylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (4-isopropyl-3-methylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (5-isopropyl-2-methylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (5-isopropyl-3-methylphenolat)  
15 Zirkonium-monochloro-mono- (2,4-bis-(2-methyl-2-butyl)-phenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2,6-di-tert.-butyl-4-methyl-phenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (4-nonylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (isopropylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (propylphenolat)  
20 Zirkonium-monochloro-mono- (trimethylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (tert.-butyl-methylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-tert.-butyl-4-ethylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2,6-diisopropylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (4-octylphenolat)  
25 Zirkonium-monochloro-mono- (2,6-di-tert.-butyl-4-ethylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (1-naphtholat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-naphtholat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-phenylphenolat)  
Zirkonium-monochloro-mono- (tert. butoxid)  
30 Zirkonium-monochloro-mono- (N-methylanilid)  
Zirkonium-monochloro-mono- (2-tert.-butylanilid)  
Zirkonium-monochloro-mono- (tert.-butylamid)  
Zirkonium-monochloro-mono- (di-iso.-propylamid)  
Zirkonium-monochloro-mono-methyl  
35 Zirkonium-monochloro-mono-benzyl  
Zirkonium-monochloro-mono-neopentyl, hat, Beispiele für die erf-  
findungsgemäßen Metallocene.

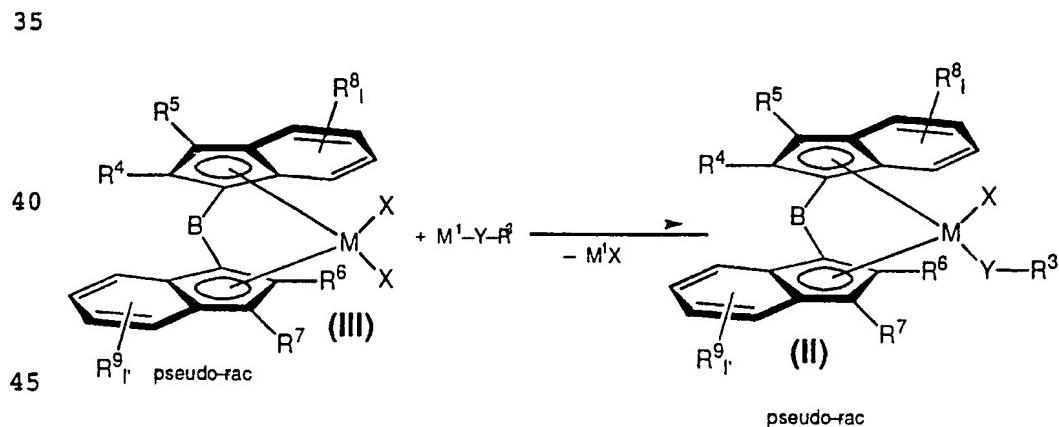
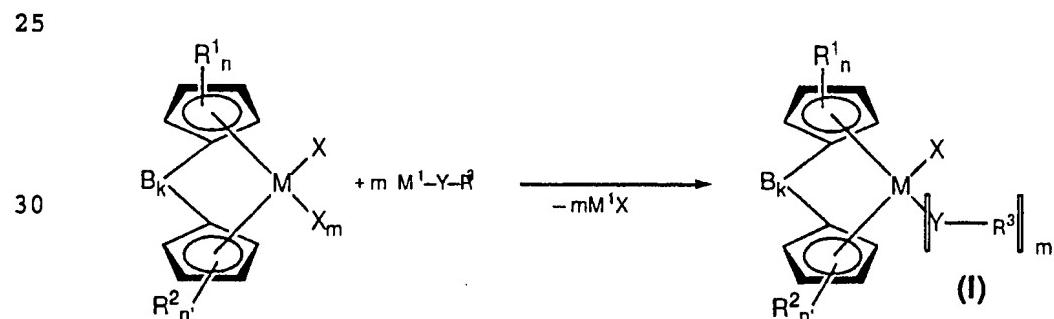
Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein technisch  
40 durchführbares Verfahren zur Herstellung der Verbindungen der  
Formeln (I) und (II).

In der Literatur ist die Synthese von Dicyclopentadienyl-zirko-  
nium- (2,6-di-tert.-butyl-phenoxy)-mono-chlorid und Dicyclopenta-  
45 dienyl-zirkonium- (2,6-di-isopropyl-phenoxy)-mono-chlorid be-  
schrieben (T. Repo et al., J. Organomet. Chem. 541 (1997), 363):



Bei dem beschriebenen Verfahren wird bei tiefen Temperaturen (-78°C) gearbeitet, was im technischen Maßstab aufwendig und 15 kostenintensiv ist, und außerdem ist die isolierte Ausbeute nur befriedigend.

Überraschenderweise wurde nun gefunden, daß die Herstellung der Metallocene der Formeln (I) und (II) mit guten Ausbeuten durchgeführt werden kann, wobei Metallocenhalogenide mit Salzen der Formel  $M^1-Y-R_3$  in einem inerten Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch im Temperaturbereich von 0°C bis 200°C, bevorzugt 60°C bis 110°C, umgesetzt werden:



Dabei ist  $M^1$  gleich einem Kation oder Kationfragment wie beispielsweise Li, Na, K, MgCl, MgBr, MgI und die übrigen Reste sind wie oben definiert.

5 Bevorzugt werden bei dem Verfahren als Metallocene Metallocendichlorid der Formel III eingesetzt, wie sie in folgenden Schriften genannt werden: (EP 0485823, EP 0549900, EP 0576970, WO 98/22486, WO 98/40331).

10 Die Verbindung  $M^1-Y-R^3$  lässt sich durch Deprotonierung der Verbindung H-Y-R<sup>3</sup> mit einer geeigneten Base, wie zum Beispiel Butyllithium, Methylolithium, Natriumhydrid, Kaliumhydrid, Natrium, Kalium oder Grignardverbindungen in einem inerten Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch herstellen.

15 15 Nichteinschränkende Beispiele für geeignete Lösungsmittel sind Kohlenwasserstoffe, die halogeniert sein können, wie Benzol, Toluol, Xylol, Mesitylen, Ethylbenzol, Chlorbenzol, Dichlorbenzol, Fluorbenzol, Dekalin, Tetralin, Pentan, Hexan, Cyclohexan, 20 Ether wie Diethylether, Di-n-Butylether, MTBE, THF, DME, Anisol, Triglyme, Dioxan, Amide wie DMF, Dimethylacetamid, NMP, Sulfoxide wie DMSO, Phosphoramide wie Hexamethylphosphorsäuretriamid, Harnstoff-Derivate wie DMPU, Ketone wie Aceton, Ethylmethylketon, Ester wie Essigsäureethylester, Nitrile wie Acetonitril sowie beliebige Gemische aus jenen Stoffen. Bevorzugt werden Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemische in denen ebenfalls direkt die anschließende Umsetzung mit dem Metallocendichlorid durchgeführt werden kann. Nichteinschränkende Beispiele hierfür sind Toluol, Hexan, Heptan, Xylol, Tetrahydrofuran (THF), Dimethoxyethan 25 30 (DME), Toluol/THF, Heptan/DME oder Toluol/DME.

Bei den Verbindungen des Typs H-Y-R<sup>3</sup> handelt es sich bevorzugt um die Stoffklassen der Alkohole, der Phenol, der primären und sekundären Amine sowie der primären und sekundären Aniline. Bevorzugt enthalten Verbindungen des Typs H-Y-R<sup>3</sup> nur eine funktionelle Gruppe H-Y und der Rest R<sup>3</sup> ist wie oben beschrieben definiert.

Erläuternde, jedoch nicht einschränkende Beispiele für die erfundensgemäß einsetzbaren Verbindungen der Formel H-Y-R<sup>3</sup> sind:

2,4-Di-tert.-butyl-phenol; 2,6-Di-tert.-butyl-phenol; 3,5-Di-tert.-butyl-phenol; 2,6-Di-sec.-butyl-phenol; 2,4-Dimethylphenol; 2,3-Dimethylphenol; 2,5-Dimethylphenol; 2,6-Dimethylphenol; 45 3,4-Dimethylphenol; 3,5-Dimethylphenol; Phenol; 2-Methylphenol; 3-Methylphenol; 4-Methylphenol; 2-Ethylphenol; 3-Ethylphenol; 4-Ethylphenol; 2-sec.-Butylphenol; 2-tert.-Butylphenol; 3-tert.-

- Butylphenol; 4-sec.-Butylphenol; 4-tert.-Butylphenol; 2-Isopropyl-5-methylphenol; 4-Isopropyl-3-methylphenol; 5-Isopropyl-2-methylphenol; 5-Isopropyl-3-methylphenol; 2,4-Bis-(2-methyl-2-butyl)-phenol; 2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol; 4-Nonylphenol;
- 5 2-Isopropylphenol; 3-Isopropylphenol; 4-Isopropylphenol; 2-Propylphenol; 4-Propylphenol; 2,3,5-Trimethylphenol; 2,3,6-Trimethylphenol; 2,4,6-Trimethylphenol; 3,4,5-Trimethylphenol;
- 2-tert.-Butyl-4-methylphenol; 2-tert.-Butyl-5-methylphenol;
- 2-tert.-Butyl-6-methylphenol; 4-(2-Methyl-2-butyl)-phenol;
- 10 2-tert.-Butyl-4-ethylphenol; 2,6-Diisopropylphenol; 4-Octylphenol; 4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)-phenol; 2,6-Di-tert.-butyl-4-ethylphenol; 4-sec.-Butyl-2,6-di-tert.-butylphenol; 4-Dodecylphenol; 2,4,6-Tri-tert.-butylphenol; 3-(Pentadecyl)-phenol;
- 2-Methyl-1-naphthol;
- 15 1-Naphthol; 2-Naphthol; 1-Acenaphthenol; 2-Hydroxybiphenyl; 3-Hydroxybiphenyl; 4-Hydroxybiphenyl; Hydroxypyridine; Hydroxycholine; 2-Hydroxycarbazol; Hydroxychinaldine; 8-Hydroxychinazolin; 2-Hydroxychinoxalin; 2-Hydroxydibenzofuran; 2-Hydroxydiphenylmethan, 1-Hydroxyisochinoline, 5,6,7,8-Tetrahydro-1-naphthol; Methanol; Ethanol; Propanol; Isopropanol; Butanol; tert-Butanol; Isobutanol; 2-Butanol; Hexanol; Cyclohexanol; Octadecanol; Benzylalkohol; 2-Methylbenzylalkohol; 3-Methylbenzylalkohol; 4-Methylbenzylalkohol; Anilin; N-Methylanilin; o-Toluidin; 2,3-Dimethylanilin; 2,4-Dimethylanilin; 2,5-Dimethylanilin; 2,6-Dimethylanilin; N-Ethylanilin; 2-Ethylanilin; N-Ethyl-o-toluidin; N-Ethyl-m-toluidin; 2-Isopropylanilin; 2-Propylanilin; 2,4,6-Trimethylanilin; 2-tert.-Butylanilin; 2,3-Dimethyl-N-ethylanilin; Isopropylamin; tert.-Butylamin; Diethylamin; N-Methylisopropylamin;
- 30 N-Ethylisopropylamin; Diisopropylamin; N-Methyl-tert.-butyl-amin; N-Benzylmethylamin; 2-Methylbenzylamin; 3-Methylbenzylamin; 4-Methylbenzylamin; 1-Phenylethylamin und 2-Phenylethylamin.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird im allgemeinen in einem Temperaturbereich von 0°C bis +200°C durchgeführt, bevorzugt in einem Temperaturbereich von 40°C bis 140°C, besonders bevorzugt bei einer Temperatur zwischen 60°C und 110°C.

Das molare Verhältnis von Reagenz M<sup>1</sup>-Y-R<sup>3</sup> zum Metallocenhalogenid, insbesondere zum Metallocendichlorid (z. B. der Formel III) liegt im allgemeinen zwischen 5 : 1 bis 0.8 : 1 bevorzugt zwischen 2 : 1 bis 0.9 : 1.

Die Konzentration an Metallocendichlorid (z. B. der Formel III) bzw. an Reagenz M<sup>1</sup>-Y-R<sup>3</sup> in der Reaktionsmischung liegt im allgemeinen im Bereich zwischen 0,001 mol/l und 8 mol/l, bevorzugt im

Bereich zwischen 0,01 und 3 mol/l, besonders bevorzugt im Bereich zwischen 0,05 mol/l und 2 mol/l.

Die Dauer der Umsetzung von Metallocendichlorid (z. B. der Formel 5 III) mit Reagenz M<sup>1</sup>-Y-R<sup>3</sup> liegt im allgemeinen im Bereich zwischen 5 Minuten und 1 Woche, bevorzugt im Bereich zwischen 15 Minuten und 48 Stunden.

Darüber hinaus lassen sich insbesondere Monoaryloxymonochlorozir-10 konocene der Formel (II) auch gemäß dem in der deutschen Patent-anmeldung 199 12576.7 vom 19.03.99 beschriebenen Verfahren herstellen, deren Offenbarung ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Beschreibung ist.

15 Die erfindungsgemäßen Metallocene der Formeln I und II sind hochaktive Katalysatorkomponenten für die Olefinpolymerisation. Je nach Substitutionsmuster der Liganden können die Metallocene als Isomerengemisch anfallen. Die Metallocene werden für die Polymerisation bevorzugt isomerenrein eingesetzt.

20

Bevorzugt werden die pseudo-rac isomeren Metallocene der Formel II eingesetzt.

Die erfindungsgemäßen Metallocene der Formeln I und II eignen 25 sich insbesondere als Bestandteil von Katalysatorsystemen zur Herstellung von Polyolefinen durch Polymerisation von mindestens einem Olefin in Gegenwart eines Katalysators, der mindestens einen Cokatalysator und mindestens ein Metallocen enthält. Unter dem Begriff Polymerisation wird eine Homopolymerisation wie auch 30 eine Copolymerisation verstanden.

Die erfindungsgemäßen Metallocene der Formeln I und II, insbesondere der Formel II, können zur Polymerisation eines oder mehrerer Olefine der Formel R<sup>α</sup>-CH=CH-R<sup>β</sup> verwendet werden, worin R<sup>α</sup> und R<sup>β</sup> 35 gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen Kohlenwasserstoff mit 1 bis 20 C-Atomen, insbesondere 1 bis 10 C-Atomen, bedeuten, und R<sup>α</sup> und R<sup>β</sup> zusammen mit den sie verbindenden Atomen einen oder mehrere Ringe bilden können. Beispiele für solche Olefine sind 1-Olefine mit 2 - 40, vorzugsweise 2 bis 10 40 C-Atomen, wie Ethen, Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 4-Methyl-1-penten oder 1-Octen, Styrol, Diene wie 1,3-Butadien, 1,4-Hexadien, Vinylnorbornen, Norbornadien, Ethylnorbornadien und cyclische Olefine wie Norbornen, Tetracyclododecen oder Methyl-norbornen. Bevorzugt werden Ethylen oder Propylen homopolymerisiert, 45 oder Ethylen mit einem oder mehreren cyclischen Olefinen, wie Norbornen, und/oder einem oder mehreren Dienen mit 4 bis 20 C-Atomen, wie 1,3-Butadien oder 1,4-Hexadien, copolymerisiert.

21

Beispiele solcher Copolymeren sind Ethylen/Norbornen-Copolymeren, Ethylen/Propylen-Copolymeren und Ethylen/Propylen/1,4-Hexadien-Copolymeren.

5 Die Polymerisation wird bei einer Temperatur von ~ 60 bis 300 °C, bevorzugt 50 bis 200 °C, ganz besonders bevorzugt 50 - 80 °C durchgeführt. Der Druck beträgt 0,5 bis 2000 bar, bevorzugt 5 bis 64 bar.

10 Die Polymerisation kann in Lösung, in Masse, in Suspension oder in der Gasphase, kontinuierlich oder diskontinuierlich, ein- oder mehrstufig durchgeführt werden. Eine bevorzugte Ausführungform ist die Gasphasen- und Masspolymerisation.

15 Bevorzugt enthält der eingesetzte Katalysator eine der erfundungsgemäßen Metallocenverbindungen. Es können auch Mischungen zweier oder mehrerer Metallocenverbindungen eingesetzt werden, z. B. zur Herstellung von Polyolefinen mit breiter oder multimodaler Molmassenverteilung.

20

Der Cokatalysator, der zusammen mit einem erfundungsgemäßen Metallocene der Formeln I und II das Katalysatorsystem bildet, enthält mindestens eine Verbindung vom Typ eines Aluminoxans oder einer Lewis-Säure oder einer ionischen Verbindung, die durch

25 Reaktion mit einem Metallocen dieses in eine kationische Verbindung überführt.

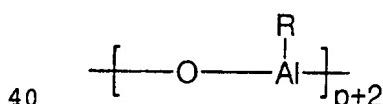
Als Aluminoxan wird bevorzugt eine Verbindung der allgemeinen Formel (VII)

30

$(R\ AlO)_n$  (VII)

verwendet.

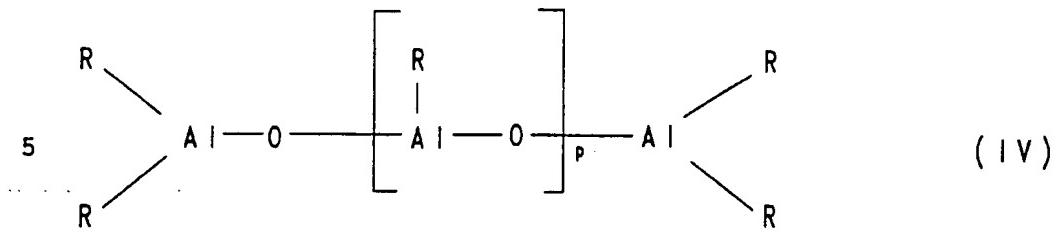
35 Weitere geeignete Aluminoxane können z.B. cyclisch wie in Formel (VI)



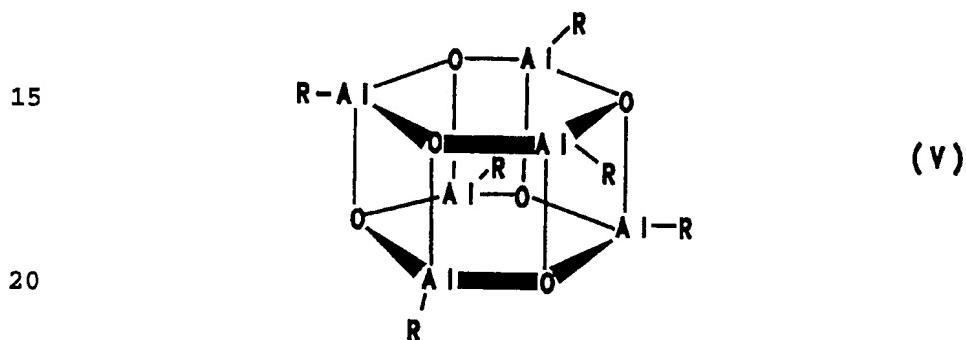
(VI)

oder linear wie in Formel (IV)

45



10 oder vom Cluster-Typ wie in Formel (V)



sein. Derartige Aluminoxane werden beispielsweise in JACS  
25 117 (1995), 6465-74, Organometallics 13 (1994), 2957-2969, be-  
schrieben.

Die Reste R in den Formeln (IV), (V), (VI) und (VII) können  
gleich oder verschieden sein und eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Kohlenwasserstoff-  
30 gruppe wie eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Arylgruppe, Benzyl  
oder Wasserstoff bedeuten, und p eine ganze Zahl von 2 bis 50,  
bevorzugt 10 bis 35 bedeuten.

Bevorzugt sind die Reste R gleich und bedeuten Methyl, Isobutyl,  
35 n-Butyl, Phenyl oder Benzyl, besonders bevorzugt Methyl.  
Sind die Reste R unterschiedlich, so sind sie bevorzugt Methyl  
und Wasserstoff, Methyl und Isobutyl oder Methyl und n-Butyl, wo-  
bei Wasserstoff bzw. Isobutyl oder n-Butyl bevorzugt zu 0,01 - 40  
% (Zahl der Reste R) enthalten sind.

40 Das Aluminoxan kann auf verschiedene Arten nach bekannten Verfah-  
ren hergestellt werden. Eine der Methoden ist beispielsweise, daß  
eine Aluminium-kohlenwasserstoffverbindung und/oder eine Hydri-  
doaluminium-kohlenwasserstoffverbindung mit Wasser (gasförmig,  
45 fest, flüssig oder gebunden - beispielsweise als Kristallwasser)  
in einem inerten Lösungsmittel (wie z. B. Toluol) umgesetzt wird.

Zur Herstellung eines Aluminoxans mit verschiedenen Alkylgruppen R werden entsprechend der gewünschten Zusammensetzung und Reaktivität zwei verschiedene Aluminiumtrialkyle ( $\text{AIR}_3 + \text{AIR}'_3$ ) mit Wasser umgesetzt (vgl. S. Pasynkiewicz, Polyhedron 9 (1990) 429 5 und EP-A-0,302,424).

Unabhängig von der Art der Herstellung ist allen Aluminoxanlösungen ein wechselnder Gehalt an nicht umgesetzter Aluminiumausgangsverbindung, die in freier Form oder als Addukt vorliegt, 10 gemeinsam.

Als Lewis-Säure werden bevorzugt mindestens eine bor- oder aluminiumorganische Verbindung eingesetzt, die C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-kohlenstoffhaltige Gruppen enthalten, wie verzweigte oder unverzweigte Alkyl- 15 oder Halogenalkyl, wie z.B. Methyl, Propyl, Isopropyl, Isobutyl, Trifluormethyl, ungesättigte Gruppen, wie Aryl oder Halogenaryl, wie Phenyl, Tollyl, Benzylgruppen, p-Fluorophenyl, 3,5-Difluorophenyl, Pentachlorophenyl, Pentafluorophenyl, 3,4,5 Trifluorophenyl und 3,5 Di(trifluoromethyl)phenyl.

20 Beispiele für Lewis-Säuren sind Trimethylaluminium, Triethylaluminium, Triisobutylaluminium, Tributylaluminium, Trifluoroboran, Triphenylboran, Tris(4-fluorophenyl)boran, Tris(3,5-difluorophenyl)boran, 25 Tris(4-fluoromethylphenyl)boran, Tris(pentafluorophenyl)boran, Tris(tollyl)boran, Tris(3,5-dimethylphenyl)boran, Tris(3,5-difluorophenyl)boran, [(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>2</sub>BO]<sub>2</sub>Al-Me, [(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>2</sub>BO]<sub>3</sub>Al und/oder Tris(3,4,5-trifluorophenyl)boran. Insbesondere bevorzugt ist Tris(pentafluorophenyl)boran.

30 Als ionische Cokatalysatoren werden bevorzugt Verbindungen eingesetzt, die ein nicht koordinierendes Anion enthalten, wie beispielsweise Tetrakis(pentafluorophenyl)borate, Tetraphenylborate, SbF<sub>6</sub><sup>-</sup>, CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> oder ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

35 Als kationisches Gegenion werden protonierte Lewis-Basen wie z.B. Methylamin, Anilin, Dimethylamin, Diethylamin, N-Methylanilin, Diphenylamin, N,N-Dimethylanilin, Trimethylamin, Triethylamin, Tri-n-butylamin, Methyldiphenylamin, Pyridin, p-Bromo-N,N-dimethylanilin, p-Nitro-N,N-dimethylanilin, Triethylphosphin, Triphe- 40 nylphosphin, Diphenylphosphin, Tetrahydrothiophen oder das Triphenylcarbenium-Kation eingesetzt.

Beispiele für solche ionische Verbindungen sind  
45 Triethylammoniumtetra(phenyl)borat,  
Tributylammoniumtetra(phenyl)borat,  
Trimethylammoniumtetra(tollyl)borat,

- Tributylammoniumtetra(tolyl)borat,  
 Tributylammoniumtetra(pentafluorophenyl)borat,  
 Tributylammoniumtetra(pentafluorophenyl)aluminat,  
 Tripropylammoniumtetra(dimethylphenyl)borat,  
 5 Tributylammoniumtetra(trifluoromethylphenyl)borat,  
 Tributylammoniumtetra(4-fluorophenyl)borat,  
 N,N-Dimethylaniliniumtetra(phenyl)borat,  
 N,N-Diethylaniliniumtetra(phenyl)borat,  
 N,N-Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borate,  
 10 N,N-Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)aluminat,  
 Di(propyl)ammoniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat,  
 Di(cyclohexyl)ammoniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat,  
 Triphenylphosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
 Triethylphosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
 15 Diphenylphosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
 Tri(methylphenyl)phosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
 Tri(dimethylphenyl)phosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
 Triphenylcarbeniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat,  
 Triphenylcarbeniumtetrakis(pentafluorophenyl)aluminat,  
 20 Triphenylcarbeniumtetrakis(phenyl)aluminat,  
 Ferroceniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat und/oder  
 Ferroceniumtetrakis(pentafluorophenyl)aluminat.  
 Bevorzugt sind Triphenylcarbeniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat  
 und/oder  
 25 N,N-Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat.  
 Es können auch Gemische mindestens einer Lewis-Säure und minde-  
 stens einer ionischen Verbindung eingesetzt werden.  
 Als Cokatalysatorkomponenten sind ebenfalls Boran- oder Carboran-  
 Verbindungen wie z.B.  
 30 7,8-Dicarbaundecaboran(13),  
 Undecahydrid-7,8-dimethyl-7,8-dicarbaundecaboran,  
 Dodecahydrid-1-phenyl-1,3-dicarbonanaboran,  
 Tri(butyl)ammoniumundecahydrid-8-ethyl-7,9-dicarbaundecaborat,  
 4-Carbonanaboran(14)Bis(tri(butyl)ammonium)nonaborat,  
 35 Bis(tri(butyl)ammonium)undecaborat,  
 Bis(tri(butyl)ammonium)dodecaborat,  
 Bis(tri(butyl)ammonium)decachlorodecaborat,  
 Tri(butyl)ammonium-1-carbadecaborate,  
 Tri(butyl)ammonium-1-carbadodecaborate,  
 40 Tri(butyl)ammonium-1-trimethylsilyl-1-carbadecaborate,  
 Tri(butyl)ammoniumbis(nonahydrid-1,3-dicarbonnonaborat)cobal-  
 tate(III),  
 Tri(butyl)ammoniumbis(undecahydrid-7,8-dicarbaundecaborat)fer-  
 rat(III)  
 45 von Bedeutung.

Als weitere Cokatalysatoren, die ungeträgert oder geträgert vorliegen können, sind die in EP-A-0924223, DE -A-19622207, EP-A-0601830, EP-A-0824112, EP-A-0824113, WO 99/06414, EP-A-0811627 und DE-A-19804970 genannten Verbindungen zu verwenden.

5

Die Trägerkomponente des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems kann ein beliebiger organischer oder anorganischer, inerter Feststoff sein, insbesondere ein poröser Träger wie Talk, anorganische Oxide und feinteilige Polymerpulver (z.B. Polyolefine).

10

Geeignete anorganische Oxide finden sich in den Gruppen 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15 und 16 des Periodensystems der Elemente. Beispiele für als Träger bevorzugte Oxide umfassen Siliciumdioxid, Aluminiumoxid, sowie Mischoxide der beiden Elemente und entsprechende Oxid-Mischungen. Andere anorganische Oxide, die allein oder in Kombination mit den zuletzt genannten bevorzugten oxiden Trägern eingesetzt werden können, sind z.B. MgO, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> oder B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, um nur einige zu nennen.

20 Die verwendeten Trägermaterialien weisen eine spezifische Oberfläche im Bereich von 10 bis 1000 m<sup>2</sup>/g, ein Porenvolumen im Bereich von 0,1 bis 5 ml/g und eine mittlere Partikelgröße von 1 bis 500 µm auf. Bevorzugt sind Träger mit einer spezifischen Oberfläche im Bereich von 50 bis 500 m<sup>2</sup>/g, einem Porenvolumen im Bereich zwischen 0,5 und 3,5 ml/g und einer mittleren Partikelgröße im Bereich von 5 bis 350 µm. Besonders bevorzugt sind Träger mit einer spezifischen Oberfläche im Bereich von 200 bis 400 m<sup>2</sup>/g, einem Porenvolumen im Bereich zwischen 0,8 bis 3,0 ml/g und einer mittleren Partikelgröße von 10 bis 200 µm.

25

Wenn das verwendete Trägermaterial von Natur aus einen geringen Feuchtigkeitsgehalt oder Restlösemittelgehalt aufweist, kann eine Dehydratisierung oder Trocknung vor der Verwendung unterbleiben. Ist dies nicht der Fall, wie bei dem Einsatz von Silicagel als 30 Trägermaterial, ist eine Dehydratisierung oder Trocknung empfehlenswert. Die thermische Dehydratisierung oder Trocknung des Trägermaterials kann unter Vakuum und gleichzeitiger Inertgasüberlagerung (z.B. Stickstoff) erfolgen. Die Trocknungstemperatur liegt im Bereich zwischen 100 und 1000 °C, vorzugsweise zwischen 200 und 40 800 °C. Der Parameter Druck ist in diesem Fall nicht entscheidend. Die Dauer des Trocknungsprozesses kann zwischen 1 und 24 Stunden betragen. Kürzere oder längere Trocknungsdauern sind möglich, vorausgesetzt, daß unter den gewählten Bedingungen die Gleichgewichtseinstellung mit den Hydroxylgruppen auf der Trägeroberfläche erfolgen kann, was normalerweise zwischen 4 und 8 Stunden erfordert.

Eine Dehydratisierung oder Trocknung des Trägermaterials ist auch auf chemischem Wege möglich, indem das adsorbierter Wasser und die Hydroxylgruppen auf der Oberfläche mit geeigneten Inertisierungsmitteln zur Reaktion gebracht werden. Durch die Umsetzung mit dem 5 Inertisierungsreagenz können die Hydroxylgruppen vollständig oder auch teilweise in eine Form überführt werden, die zu keiner negativen Wechselwirkung mit den katalytisch aktiven Zentren führen. Geeignete Inertisierungsmittel sind beispielsweise Siliciumhalogenide und Silane, wie Siliciumtetrachlorid, Chlortrimethylsilan, 10 Dimethylaminotrichlorsilan oder metallorganische Verbindungen von Aluminium, Bor und Magnesium wie beispielsweise Trimethylaluminium, Triethylaluminium, Triisobutylaluminium, Triethylboran, Dibutylmagnesium. Die chemische Dehydratisierung oder Inertisierung des Trägermaterials erfolgt beispielsweise dadurch, daß man 15 unter Luft- und Feuchtigkeitsausschluß eine Suspension des Trägermaterials in einem geeigneten Lösungsmittel mit dem Inertisierungsreagenz in reiner Form oder gelöst in einem geeigneten Lösungsmittel zur Reaktion bringt. Geeignete Lösungsmittel sind z.B. aliphatische oder aromatische Kohlenwasserstoffe wie Pentan, 20 Hexan, Heptan, Toluol oder Xylool. Die Inertisierung erfolgt bei Temperaturen zwischen 25 °C und 120 °C, bevorzugt zwischen 50 und 70 °C. Höhere und niedrigere Temperaturen sind möglich. Die Dauer der Reaktion beträgt zwischen 30 Minuten und 20 Stunden, bevorzugt 1 bis 5 Stunden. Nach dem vollständigen Ablauf der chemischen 25 Dehydratisierung wird das Trägermaterial durch Filtration unter Inertbedingungen isoliert, ein- oder mehrmals mit geeigneten inerten Lösungsmitteln wie sie bereits zuvor beschrieben worden sind gewaschen und anschließend im Inertgasstrom oder im Vakuum getrocknet.

30 Organische Trägermaterialien wie feinteilige Polyolefinpulver (z.B. Polyethylen, Polypropylen oder Polystyrol) können auch verwendet werden und sollten ebenfalls vor dem Einsatz von anhaftender Feuchtigkeit, Lösungsmittelresten oder anderen Verunreinigungen durch entsprechende Reinigungs- und Trocknungsoperationen befreit werden.

Das Katalysatorsystem wird erfindungsgemäß hergestellt, indem mindestens ein erfindungsgemäßes Metallocen, mindestens ein Cokatalysator und mindestens ein inertisierter Träger gemischt werden.

Zur Darstellung des geträgerten Katalysatorsystems wird mindestens eine der oben beschriebenen Metallocen-Komponenten in einem 45 geeigneten Lösungsmittel mit mindestens einer Cokatalysatorkomponente in Kontakt gebracht, wobei bevorzugt ein lösliches Reaktionsprodukt, ein Addukt oder ein Gemisch erhalten wird. Die so

erhaltene Zubereitung wird dann mit dem dehydratisierten oder inertisierten Trägermaterial vermischt, das Lösungsmittel entfernt und das resultierende geträgerzte Metallocen-Katalysatorsystem getrocknet, um sicherzustellen, daß das Lösungsmittel vollständig 5 oder zum größten Teil aus den Poren des Trägermaterials entfernt wird. Der geträgerzte Katalysator wird als frei fließendes Pulver erhalten.

Ein Verfahren zur Darstellung eines frei fließenden und gegebenfalls vorpolymerisierten geträgerten Katalysatorsystems umfaßt 10 die folgenden Schritte:

- a) Herstellung einer Metallocen/Cokatalysator-Mischung in einem geeigneten Lösungs- oder Suspensionsmittel, wobei die Metallocen-Komponente eine der zuvor beschriebenen Strukturen besitzt.
- b) Aufbringen der Metallocen/Cokatalysatormischung auf einen porösen, bevorzugt anorganischen dehydratisierten Träger.
- c) Entfernen des Hauptanteils an Lösungsmittel von der resultierenden Mischung.
- d) Isolierung des geträgerten Katalysatorsystems.
- e) Gegebenenfalls eine Vorpolymerisation des erhaltenen geträgerten Katalysatorsystems mit einem oder mehreren olefinischen Monomer(en), um ein vorpolymerisiertes geträgertes Katalysatorsystem zu erhalten.

Bevorzugte Lösungsmittel für die Herstellung der Metallocen/Cokatalysator-Mischung sind Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffgemische, die bei der gewählten Reaktionstemperatur flüssig sind und in denen sich die Einzelkomponenten bevorzugt lösen. Die Löslichkeit der Einzelkomponenten ist aber keine Voraussetzung, wenn sichergestellt ist, daß das Reaktionsprodukt aus Metallocen- und Cokatalysatorkomponenten in dem gewählten Lösungsmittel löslich ist. Beispiele für geeignete Lösungsmittel umfassen Alkane wie Pentan, Isopentan, Hexan, Heptan, Octan, und Nonan; Cycloalkane 35 wie Cyclopentan und Cyclohexan; und Aromaten wie Benzol, Toluol. Ethylbenzol und Diethylbenzol. Ganz besonders bevorzugt ist Toluol.

Die bei der Präparation des geträgerten Katalysatorsystems eingesetzten Mengen an Aluminoxan und Metallocen können über einen weiten Bereich variiert werden. Bevorzugt wird ein molares Verhältnis von Aluminium zum Übergangsmetall im Metallocen von

10 : 1 bis 1000 : 1 eingestellt, ganz besonders bevorzugt ein Verhältnis von 50 : 1 bis 500 : 1.

Im Fall von Methylaluminoxan werden bevorzugt 30 % ige toluolische Lösungen eingesetzt; die Verwendung von 10 %igen Lösungen ist aber auch möglich.

Zur Voraktivierung wird das Metallocen in Form eines Feststoffes in einer Lösung des Aluminoxans in einem geeigneten Lösungsmittel 10 aufgelöst. Es ist auch möglich, das Metallocen getrennt in einem geeigneten Lösungsmittel aufzulösen und diese Lösung anschließend mit der Aluminoxan-Lösung zu vereinigen. Bevorzugt wird Toluol verwendet.

15 Die Voraktivierungszeit beträgt 1 Minute bis 200 Stunden.

Die Voraktivierung kann bei Raumtemperatur (25 °C) stattfinden. Die Anwendung höherer Temperaturen kann im Einzelfall die erforderliche Dauer der Voraktivierung verkürzen und eine zusätzliche 20 Aktivitätssteigerung bewirken. Höhere Temperatur bedeutet in diesem Fall ein Bereich zwischen 50 und 100 °C.

Die voraktivisierte Lösung bzw. das Metallocen/Cokatalysator-Gemisch wird anschließend mit einem inerten Trägermaterial, üblicherweise Kieselgel, das in Form eines trockenen Pulvers oder als Suspension in einem der oben genannten Lösungsmittel vorliegt, vereinigt. Bevorzugt wird das Trägermaterial als Pulver eingesetzt. Die Reihenfolge der Zugabe ist dabei beliebig. Die voraktivisierte Metallocen-Cokatalysator-Lösung bzw. das Metallocen-Cokatalysatorgemisch kann zum vorgelegten Trägermaterial dosiert, oder aber das Trägermaterial in die vorgelegte Lösung eingetragen werden.

Das Volumen der voraktivierten Lösung bzw. des Metallocen-Cokatalysator-Gemisches kann 100 % des Gesamtporenvolumens des eingesetzten Trägermaterials überschreiten oder aber bis zu 100 % des Gesamtporenvolumens betragen.

Die Temperatur, bei der die voraktivisierte Lösung bzw. das Metallocen-Cokatalysatorgemisch mit dem Trägermaterial in Kontakt gebracht wird, kann im Bereich zwischen 0 und 100 °C variieren. Niedrigere oder höhere Temperaturen sind aber auch möglich.

Anschließend wird das Lösungsmittel vollständig oder zum größten Teil vom geträgerten Katalysatorsystem entfernt, wobei die Mischung gerührt und gegebenenfalls auch erhitzt werden kann. Bevorzugt wird sowohl der sichtbare Anteil des Lösungsmittels als

auch der Anteil in den Poren des Trägermaterials entfernt. Das Entfernen des Lösungsmittels kann in konventioneller Art und Weise unter Anwendung von Vakuum und/oder Spülen mit Inertgas erfolgen. Beim Trocknungsvorgang kann die Mischung erwärmt werden, 5 bis das freie Lösungsmittel entfernt worden ist, was üblicherweise 1 bis 3 Stunden bei einer vorzugsweise gewählten Temperatur zwischen 30 und 60 °C erfordert. Das freie Lösungsmittel ist der sichtbare Anteil an Lösungsmittel in der Mischung. Unter Restlösungsmittel versteht man den Anteil, der in den Poren einge- 10 schlossen ist.

Alternativ zu einer vollständigen Entfernung des Lösungsmittels kann das geträgte Katalysatorsystem auch nur bis zu einem gewissen Restlösungsmittelgehalt getrocknet werden, wobei das freie 15 Lösungsmittel vollständig entfernt worden ist. Anschließend kann das geträgte Katalysatorsystem mit einem niedrig siedenden Kohlenwasserstoff wie Pentan oder Hexan gewaschen und erneut getrocknet werden.

20 Das dargestellte geträgte Katalysatorsystem kann entweder direkt zur Polymerisation von Olefinen eingesetzt oder vor seiner Verwendung in einem Polymerisationsprozeß mit einem oder mehreren olefinischen Monomeren vorpolymerisiert werden. Die Ausführung der Vorpolymerisation von geträgerten Katalysatorsystemen ist 25 beispielsweise in WO 94/28034 beschrieben.

Als Additiv kann während oder nach der Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems eine geringe Menge eines Olefins, bevorzugt eines α-Olefins (beispielsweise Styrol oder Phenyltrimethyl- 30 vinylsilan) alsaktivitätssteigernde Komponente, oder beispielsweise eines Antistatikums zugesetzt werden.

Als Antistatikum wird üblicherweise eine Mischung aus einem Metallsalz der Medialansäure, einem Metallsalz der Anthranilsäure 35 und einem Polyamin eingesetzt. Derartige Antistatika werden beispielsweise in EP-A-0,636,636 beschrieben.

Das molare Verhältnis von Additiv zu Metallocenkomponente Verbindung (I) beträgt dabei bevorzugt zwischen 1 : 1000 bis 1000 : 1, 40 ganz besonders bevorzugt 1 : 20 bis 20 : 1.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins durch Polymerisation eines oder mehrerer Olefine in Gegenwart des Katalysatorsystems, enthaltend 45 mindestens eine Übergangsmetallkomponente der erfindungsgemäßigen Metallocene der Formel I oder II. Unter dem Begriff Polymerisaton

wird eine Homopolymerisation wie auch eine Copolymerisation verstanden.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen der Formeln (I) und (II) zeigen gegenüber den Dihalogen-Verbindungen zumindest gleichwertige, zum Teil jedoch höhere, Aktivitäten in der Polymerisation von Olefinen, und die erhaltenen Polyolefine zeigen eine Verminderung der unerwünschten niedermolekularen extrahierbaren Anteile.

- 10 Das dargestellte Katalysatorsystem kann als einzige Katalysatorkomponente für die Polymerisation von Olefinen mit 2 bis 20 C-Atomen eingesetzt werden, oder bevorzugt in Kombination mit mindestens einer Alkylverbindung der Elemente aus der I. bis III. Hauptgruppe des Periodensystems, wie z.B. einem Aluminium-,  
15 Magnesium- oder Lithiumalkyl oder einem Aluminoxan eingesetzt werden. Die Alkylverbindung wird dem Monomeren oder Suspensionsmittel zugesetzt und dient zur Reinigung der Monomere von Substanzen, die die Katalysatoraktivität beeinträchtigen können. Die Menge der zugesetzten Alkylverbindung hängt von der Qualität der  
20 eingesetzten Monomere ab.

Als Molmassenregler und/oder zur Steigerung der Aktivität wird, falls erforderlich, Wasserstoff zugegeben.

- 25 Bei der Polymerisation kann das Antistatikum zusammen mit oder getrennt von dem eingesetzten Katalysatorsystem in das Polymerisationssystem eindosiert werden.

Die mit dem Katalysatorsystem, das mindestens eines der erfindungsgemäßen Metallocene der Formeln (I) und/oder (II) enthält, dargestellten Polymere, zeigen eine gleichmäßige Kornmorphologie und weisen keine Feinkornanteile auf. Bei der Polymerisation mit dem Katalysatorsystem treten keine Beläge oder Verbackungen auf.

- 35 Mit dem Katalysatorsystem werden Polymere, wie Polypropylen mit außerordentlich hoher Stereo- und Regiospezifität erhalten.

Besonders charakteristisch für die Stereo- und Regiospezifität von Polymeren, insbesondere von Polypropylen, ist die Triaden-40 Taktizität (TT) und der Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten (RI), die sich aus den  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektren ermitteln lassen.

Die  $^{13}\text{C}$ -NMR- Spektren werden in einem Gemisch aus Hexachlorbutadien und Tetrachlorethan-d<sub>2</sub> bei erhöhter Temperatur (365 K) gemessen. Alle  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektren der gemessenen Polypropylen-Proben wer-

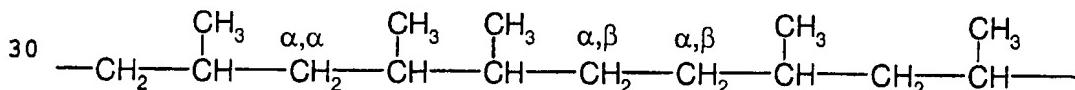
den auf das Resonanzsignal von Tetrachlorethan-d<sub>2</sub> ( $\delta = 73.81$  ppm) geeicht.

Zur Bestimmung der Triaden-Taktizität des Polypropylens werden  
 5 die Methyl-Resonanzsignale im  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektrum zwischen 23 und 16  
 ppm betrachtet; vgl. J. C. Randall, Polymer Sequence Determina-  
 tion: Carbon-13 NMR Method, Academic Press New York 1978;  
 A. Zambelli, P. Locatelli, G. Bajo, F. A. Bovey, Macromolecules 8  
 (1975), 687-689; H. N. Cheng, J. A. Ewen, Makromol. Chem. 190  
 10 (1989), 1931-1943. Drei aufeinander folgende 1-2-insertierte Pro-  
 peneinheiten, deren Methylgruppen in der "Fischer-Projektion" auf  
 der gleichen Seite angeordnet sind, bezeichnet man als mm -  
 Triade ( $\delta = 21.0$  ppm bis 22.0 ppm). Zeigt nur die zweite Methyl-  
 gruppe der drei aufeinander folgenden Propeneinheiten zur anderen  
 15 Seite, spricht man von einer rr-Triade ( $\delta = 19.5$  ppm bis 20.3 ppm)  
 und zeigt nur die dritte Methylgruppe der drei aufeinander fol-  
 genden Propeneinheiten zur anderen Seite, von einer mr-Triade ( $\delta =$   
 20.3 ppm bis 21.0 ppm). Die Triaden-Taktizität berechnet man nach  
 folgender Formel:

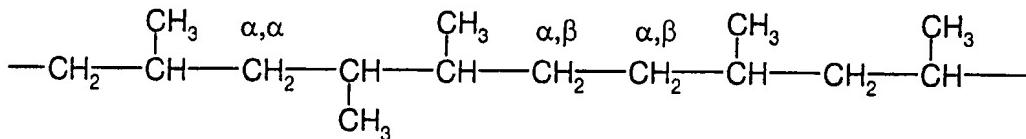
20

$$TT \ (\%) = mm / (mm + mr + rr) \cdot 100$$

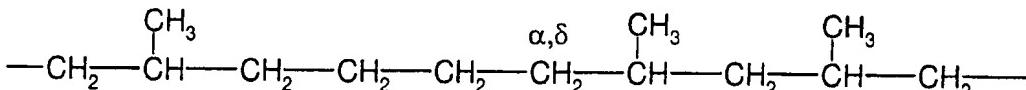
Wird eine Propeneinheit invers in die wachsende Polymerkette inseriert, spricht man von einer 2-1-Insertion; vgl. T. Tsutsui,  
25 N. Ishimaru, A. Mizuno, A. Toyota, N. Kashiwa, Polymer 30,  
(1989), 1350-56. Folgende verschiedene strukturelle Anordnungen  
sind möglich:



35



40



45

Der Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten (RI) kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$RI (\%) = 0.5 I_{\alpha,\beta} (I_{\alpha,\alpha} + I_{\alpha,\beta} + I_{\alpha,\delta}) \cdot 100,$$

5

wobei

$I_{\alpha,\alpha}$  die Summe der Intensitäten der Resonanzsignale bei  $\delta = 41.84, 42.92$  und  $46.22$  ppm,

10

$I_{\alpha,\beta}$  die Summe der Intensitäten der Resonanzsignale bei  $\delta = 30.13, 32.12, 35.11$  und  $35.57$  ppm

sowie

15

$I_{\alpha,\delta}$  die Intensität des Resonanzsignals bei  $\delta = 37.08$  ppm bedeuten.

Das isotaktische Polypropylen, das mit dem Katalysatorsystem hergestellt worden ist, zeichnet sich durch einen Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten RI < 0.5% bei einer Triaden-Taktizität TT > 98.0% und einen Schmelzpunkt > 153°C aus, wobei  $M_w/M_n$  des erfindungsgemäßen Polypropylens zwischen 2.5 und 3.5 liegt.

25 Die mit dem Katalysatorsystem herstellbaren Copolymeren zeichnen sich durch eine gegenüber dem Stand der Technik deutlich höhere Molmasse aus. Gleichzeitig sind solche Copolymeren durch Einsatz des Katalysatorsystems mit hoher Produktivität bei technisch relevanten Prozessparametern ohne Belagsbildung herstellbar.

30

Die nach dem Verfahren hergestellten Polymere sind insbesondere zur Herstellung reißfester, harter und steifer Formkörper wie Fasern, Filamente, Spritzgußteile, Folien, Platten oder Großhohlkörpern (z.B. Rohre) geeignet.

35

Die Erfindung wird durch folgende, die Erfindung jedoch nicht einschränkende Beispiele erläutert.

Allgemeine Angaben: Die Herstellung und Handhabung der organometallischen Verbindungen erfolgte unter Ausschluß von Luft und Feuchtigkeit unter Argon-Schutzgas (Schlenk-Technik bzw. Glove-Box). Alle benötigten Lösungsmittel wurden vor Gebrauch mit Argon gespült und über Molsieb absolutiert.

Beispiel 1: Dimethylsilandiyl-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat) (1)

5 20.6 g (0.1 mol) 2,4-Di-tert.-butylphenol wurden in 200 ml Toluol/20 ml THF bei Raumtemperatur mit 37.2 ml (0.1 mol) einer 20%igen Lösung von Butyllithium in Toluol versetzt. Es wurde 1 h bei 60°C nachgerührt. Bei Raumtemperatur wurden 28.8 g (0.05 mol) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkoniumdichlorid als Feststoff zugegeben. Die Suspension wurde 3h bei 100°C gerührt und anschließend heiß über Celite filtriert. Der Filterkuchen wurde noch 3 mal mit je 100 ml Toluol (100°C) extrahiert. Nach Einengen des Lösungsmittels wurde der ausgefallene gelbe Feststoff abfiltriert und im Vakuum getrocknet. Es wurden 31.1 g 15 (83 %) Dimethylsilandiyl-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat) (1) erhalten.  
<sup>1</sup>H-NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 8.05 (dd, 1H), 7.75 (m, 2H), 7.65 (dd, 1H), 7.60 (1H), 7.5 - 7.15 (m, 6H), 7.1 (m, 1H), 7.0 (m, 1H), 6.85 (s, 1H), 6.8 (d, 1H), 6.65 (m, 1H), 5.45 (d, 1H), 2.82 (s, 20 3H), 2.45 (s, 3H), 1.45 (s, 3H), 1.35 (s, 3H), 1.25 (s, 9H), 0.95 (s, 9H).

Löslichkeitsvergleich:

25 50 mg Dimethylsilandiyl-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkoniumdichlorid lösten sich bei Raumtemperatur vollständig in 240 ml Toluol (Löslichkeit ca. 0.36 mmol/l).

50 mg der Verbindung (1) lösten sich bei Raumtemperatur in < 5 ml 30 Toluol sofort auf (Löslichkeit > 13 mmol/l).

Beispiel 1a: Katalysatordarstellung mit (1) und Polymerisation:

35,1 mg (0,047 mmol) (1) wurden in 2,1 ml 30%-iger MAO-Lösung in 35 Toluol (Al/Zr=215) für 60 Minuten bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend wurden 2 g SiO<sub>2</sub> (Grace XPO2107, vorbehandelt bei 140°C, 10 mbar, 10 Std.) dazugegeben und weitere 10 Minuten gerührt. Das Lösungsmittel wurde im Ölumpenvakuum entfernt.

40 Ein trockener 2l-Reaktor wurde zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 1,5 l flüssigem Propylen gefüllt. Dazu wurden 2 ml TEA (20% ig in Varsol) gegeben und 15 Minuten gerührt. Anschließend wurde das oben hergestellte Katalysatorsystem (0,886 g) in 20 ml Heptan resuspendiert eingespritzt 45 und mit 15 ml Heptan nachgespült. Das Reaktionsgemisch wurde auf die Polymerisationstemperatur von 60°C aufgeheizt und 1 Stunde polymerisiert. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Abgasen

des restlichen Propylens. Das Polymer wurde im Vakuumtrockenschrank getrocknet. Es resultierten 470 g Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an der Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 0,53 kg PP/g Katalysator x h.

5

Vergleichsbeispiel: Katalysatordarstellung mit Dimethylsilan-diyl-bis-(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-dichlorid und Polymerisation

10 27,1 mg (0,047 mmol) Dimethylsilandiyyl-bis-(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkoniumdichlorid wurden in 2,1 ml 30%-iger MAO-Lösung in Toluol (Al/Zr=215) für 60 Minuten bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend wurden 2 g SiO<sub>2</sub> (Grace XPO2107, vorbehandelt bei 140°C, 10 mbar, 10 Std.) dazugegeben und weitere 10 Minuten ge-15 röhrt. Das Lösungsmittel wurde im Ölpumpenvakuum entfernt.

Ein trockener 21-Reaktor wurde zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 1,5 l flüssigem Propylen gefüllt. Dazu wurden 2 ml TEA (20% ig in Varsol) zugegeben und 15 20 Minuten gerührt. Anschließend wurde das oben hergestellte Katalysatorsystem (0,897 g) in 20 ml Heptan resuspendiert eingespritzt und mit 15 ml Heptan nachgespült. Das Reaktionsgemisch wurde auf die Polymerisationstemperatur von 60°C aufgeheizt und 1 Stunde polymerisiert. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Abgasen 25 des restlichen Propylens. Das Polymer wurde im Vakuumtrockenschrank getrocknet. Es resultierten 410 g Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an der Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 0,46 kg PP/g Katalysator x h.

30 Beispiel 2: Dimethylsilandiyyl-bis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat) (2)

1.03 g (5 mmol) 2,4-Di-tert.-butylphenol wurden in 10 ml Toluol/1 ml THF bei Raumtemperatur mit 1.85 ml (5 mmol) einer 20%igen Lösung von Butyllithium in Toluol versetzt. Es wurde 1 h bei 60°C nachgerührt. Bei Raumtemperatur wurden 1.19 g (2.5 mmol) Dimethylsilandiybis(2-methyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid als Feststoff zugegeben. Die Suspension wurde 2h bei 60°C gerührt und anschließend heiß über Celite filtriert. Der Filterkuchen wurde 40 noch 3 mal mit je 10 ml Toluol (60°C) extrahiert. Nach Einengen des Lösungsmittels wurde der ausgefallene gelbe Feststoff abfiltriert und im Vakuum getrocknet. Es wurden 0.87 g (53 %) Dimethylsilandiyyl-bis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.-butyl-phenolat) (2) erhalten.  
45 1H-NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 8.03 (dd, 1H), 7.6 (dd, 1H), 7.25 - 7.2 (m, 2H), 7.15 (m, 1H), 7.1-7.0 (m, 2H), 6.9 (m, 1H), 6.8 (s, 1H), 6.75 (m, 1H), 6.7 (m, 1H), 6.3 (s, 1H), 5.55 (d, 1H), 2.65 (s,

3H), 2. 3 (s, 3H), 1.3 (s, 3H), 1.25 (s, 9H), 1.22 (s, 3H), 1.15 (s, 9H).

Löslichkeitsvergleich:

5

50 mg Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid lösten sich bei Raumtemperatur vollständig in 50 ml Toluol (Löslichkeit ca. 2.1 mmol/l).

10 50 mg der Verbindung (2) lösten sich bei Raumtemperatur in < 5 ml Toluol sofort auf (Löslichkeit > 15 mmol/l).

Beispiel 3: Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2-isopropyl-5-methyl-phenolat) (3)

15 2.7 g (17.4 mmol) 2-Isopropyl-5-methylphenol wurden in 20 ml Toluol/2 ml THF bei Raumtemperatur mit 6.5 ml (17.4 mmol) einer 20%igen Lösung von Butyllithium in Toluol versetzt. Es wurde 1 h 20 bei 60°C nachgerührt. Bei Raumtemperatur wurden 5.0 g (8.7 mmol) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkoniumdichlorid als Feststoff zugegeben. Die Suspension wurde 4h bei 100°C gerührt und anschließend heiß über Celite filtriert. Der Filterkuchen wurde noch 2 mal mit je 25 ml Toluol (100°C) extrahiert.

25 Nach Einengen des Lösungsmittels wurde der ausgefallene gelbe Feststoff abfiltriert und im Vakuum getrocknet. Es wurden 2.5 g (41 %) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2-isopropyl-5-methyl-phenolat) (3) erhalten.

30

1H-NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.9 (dd, 1H), 7.81 (m, 1H), 7.74 (m, 1H), 7.54 (m, 2H), 7.45 - 7.08 (m, 8H), 6.65 (d, 1H), 6.55 (s, 1H), 6.35 (m, 1H), 5.56 (d, 1H), 2.58 (s, 3H), 2.35 (s, 3H), 2.3 (m, 1H), 2.1 (s, 3H), 1.37 (s, 3H), 1.27 (s, 3H), 0.75 (d, 3H), 0.62

35 (d, 3H).

Löslichkeitsvergleich:

40 50 mg Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkoniumdichlorid lösten sich bei Raumtemperatur vollständig in 240 ml Toluol (Löslichkeit ca. 0.36 mmol/l).

50 mg der Verbindung (3) lösten sich bei Raumtemperatur in 4 ml Toluol auf (Löslichkeit ca. 18 mmol/l).

45

## 36

Beispiel 4: Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2-isopropyl-5-methyl-phenolat) (4)

3.2 g (21 mmol) 2-Isopropyl-5-methylphenol wurden in 20 ml Toluol/2 ml THF bei Raumtemperatur mit 7.8 ml (21 mmol) einer 20%igen Lösung von Butyllithium in Toluol versetzt. Es wurde 1 h bei 60°C nachgerührt. Bei Raumtemperatur wurden 5.0 g (10.5 mmol) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid als Feststoff zugegeben. Die Suspension wurde 2 h bei 100°C gerührt und anschließend heiß über Celite filtriert. Der Filterkuchen wurde noch 2 mal mit je 25 ml Toluol (100°C) extrahiert. Nach Einengen des Lösungsmittels wurde der ausgefallene gelbe Feststoff abfiltriert und im Vakuum getrocknet. Es wurden 1.36 g (22 %) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2-isopropyl-5-methyl-phenolat) (4) erhalten.

<sup>1H-NMR</sup> (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 8.0 (m, 1H), 7.81 (m, 1H), 7.3 - 6.8 (m, 8H), 6.55 (dm, 1H), 6.1 (s, 1H), 5.9 (d, 1H), 2.7 (hept, 1H), 2.45 (s, 3H), 2.25 (s, 3H), 2.18 (s, 3H), 1.4 (s, 3H), 1.25 (s, 3H), 1.1 (d, 3H), 0.95 (d, 3H).

20

Löslichkeitsvergleich:

50 mg Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid lösten sich bei Raumtemperatur vollständig in 50 ml Toluol (Löslichkeit ca. 2.1 mmol/l).

50 mg der Verbindung (4) lösten sich bei Raumtemperatur in 5 ml Toluol auf (Löslichkeit ca. 17 mmol/l).

30 Beispiel 5: Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-methyl-phenolat) (5)

1.0 g (8.2 mmol) 2,4-Di-methylphenol wurden in 20 ml Toluol/2 ml THF bei Raumtemperatur mit 3.0 ml (8.2 mmol) einer 20%igen Lösung von Butyllithium in Toluol versetzt. Es wurde 1 h bei 60°C nachgerührt. Bei Raumtemperatur wurden 1.9 g (4.0 mmol) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid als Feststoff zugegeben. Die Suspension wurde 8 h bei 60°C gerührt und anschließend heiß über Celite filtriert. Nach Einengen des Lösungsmittels auf ca. 7 ml wurde der bei -30°C ausgefallene gelbe Feststoff abfiltriert und im Vakuum getrocknet. Es wurden 0.65 g (29 %) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-methylphenolat) (5) erhalten.

<sup>1H-NMR</sup> (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.96 (dd, 1H), 7.6 (m, 1H), 7.36 (m, 1H), 7.31 (m, 1H), 7.29 (d, 1H), 7.1 (m, 1H), 6.99 (m, 1H), 6.94 (m, 1H), 6.88 (s, 1H), 6.75 (m, 1H), 6.65 (m, 1H), 6.06 (s, 1H),

5.93 (d, 1H), 2.4 (s, 3H), 2.24 (s, 3H), 2.18 (s, 3H), 1.85 (s, 3H), 1.35 (s, 3H), 1.24 (s, 3H).

5 Beispiel 6: Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.pentyl-phenolat) (6)

10 0.85 g (3.5 mmol) 2,4-Di-tert.-pentyl-phenol wurden in 10 ml Toluol/1 ml THF bei Raumtemperatur mit 1.3 ml (3.5 mmol) einer 20%igen Lösung von Butyllithium in Toluol versetzt. Es wurde 1 h bei 60°C nachgerührt. Bei Raumtemperatur wurden 1.0 (1.74 mmol) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkoniumdichlorid als Feststoff zugegeben. Die Suspension wurde 4 h bei 100°C gerührt, mit 40 ml Toluol verdünnt und anschließend heiß über 15 Celite filtriert. Der Filterkuchen wurde noch 2 mal mit je 25 ml Toluol (100°C) extrahiert. Nach Einengen des Lösungsmittels auf 10 ml wurde der ausgefallene gelbe Feststoff abfiltriert, mit wenig kaltem Toluol gewaschen und im Vakuum getrocknet. Es wurden 0.85 g (63 %) Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkonium-monochloro-mono-(2,4-di-tert.pentyl-phenolat) (6) erhalten.

20 <sup>1</sup>H-NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 8.00 (d, 1H), 7.74 (t, 2H), 7.64-7.57 (m, 2H), 7.45 - 7.27 (m, 5H), 7.14 (s, 1H), 7.10 (m, 1H), 6.98 (m, 1H), 6.78 (s, 1H), 6.65 (d, 1H), 6.52 (dd, 1H), 5.38 (d, 1H), 2.78 (s, 3H), 2.41 (s, 3H), 1.46 (quart., 2H), 1.41 (s, 3H), 1.30 (s, 3H), 1.22 (m, 2H), 1.14 (s, 3H), 1.13 (s, 3H), 0.91 (s, 3H), 0.88 (s, 3H), 0.57 (t, 3H), 0.39 (t, 3H).

Löslichkeitsvergleich:

30 50 mg Dimethylsilandiy1-bis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)-zirkoniumdichlorid lösten sich bei Raumtemperatur vollständig in 240 ml Toluol (Löslichkeit ca. 0.36 mmol/l).

35 55 mg der Verbindung (6) lösten sich bei Raumtemperatur in 4 ml Toluol auf (Löslichkeit ca. 17.7 mmol/l).

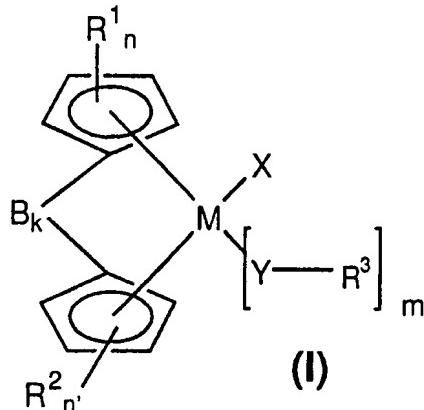
## Patentansprüche

1. Verbindungen der Formel (I),

5

10

15



worin

20 M ein Metall der III., IV., V. oder VI. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente ist,

R<sup>1</sup> gleich oder verschieden sind und Rest Si(R<sup>12</sup>)<sub>3</sub> ist, worin R<sup>12</sup> gleich oder verschieden ein Wasserstoffatom oder eine25 C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub>-kohlenstoffhaltige Gruppe, oder R<sup>1</sup> eine C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe, ist, oder zwei oder mehrere Reste R<sup>1</sup> können so miteinander verbunden sein, daß die Reste R<sup>1</sup> und die sie verbindenden Atome des Cyclopentadienylringes ein C<sub>4</sub>-C<sub>24</sub>-Ringsystem bilden, welches seinerseits substituiert  
30 sein kann,R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und ein Rest Si(R<sup>12</sup>)<sub>3</sub> ist, worin R<sup>12</sup> gleich oder verschieden ein Wasserstoffatom oder eine C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub>-kohlenstoffhaltige Gruppe, oder R<sup>2</sup> eine C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub> - kohlen-35 stoffhaltige Gruppe ist, oder zwei oder mehrere Reste R<sup>2</sup> können so miteinander verbunden sein, daß die Reste R<sup>2</sup> und die sie verbindenden Atome des Cyclopentadienylringes ein C<sub>4</sub>-C<sub>24</sub>-Ringsystem bilden, welches seinerseits substituiert  
sein kann,

40

R<sup>3</sup> gleich oder verschieden eine C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe ist,

X ein Halogenatom ist,

45

Y ein Element der 6. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente oder ein Fragment CH, CR<sup>3</sup><sub>2</sub>, NR<sup>3</sup>, PR<sup>3</sup> oder P(=O)R<sup>3</sup> ist,

n gleich 1 bis 5 für k = 0, und n gleich 0 bis 4 für k = 1 ist,

n' gleich 1 bis 5 für k = 0, und n' gleich 0 bis 4 für k = 1 ist,

5

m gleich 1 bis 3 ist, bevorzugt 1,

k gleich Null oder 1 ist, wobei für k = 0 ein unverbrücktes Metallocen, für k = 1 ein verbrücktes Metallocen vorliegt, und

10

B ein verbrückendes Strukturelement zwischen den beiden Cyclopentadienytringen bezeichnet.

2. Verbindungen gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

15

M Ti, Zr oder Hf,

R<sup>1</sup> gleich oder verschieden sind und ein Rest Si(R<sup>12</sup>)<sub>3</sub> ist, worin R<sup>12</sup> gleich oder verschieden ein Wasserstoffatom, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoralkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxy, C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub>-Aryl, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoraryl, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxy, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylaryl oder C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenyl,

oder R<sup>1</sup> C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, C<sub>2</sub>-C<sub>25</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>24</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl oder C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkoxy ist, oder zwei oder mehrere Reste R<sup>1</sup> können so miteinander verbunden sein, daß die Reste R<sup>1</sup> und die sie verbindenden Atome des Cyclopentadienyrringes ein C<sub>4</sub>-C<sub>24</sub>-Ringsystem bilden, welches seinerseits substituiert sein kann,

R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und ein Rest Si(R<sup>12</sup>)<sub>3</sub> ist, worin R<sup>12</sup> gleich oder verschieden ein Wasserstoffatom, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoralkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxy, C<sub>6</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoraryl, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxy, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylaryl oder C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenyl,

oder R<sup>2</sup> C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, C<sub>2</sub>-C<sub>25</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>24</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl oder C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkoxy ist, oder zwei oder mehrere Reste R<sup>2</sup> können so miteinander verbunden sein, daß die Reste R<sup>2</sup> und die sie verbindenden Atome des Cyclopentadienyrringes ein

C<sub>4</sub>-C<sub>24</sub>-Ringsystem bilden, welches seinerseits substituiert sein kann,

R<sup>3</sup> gleich oder verschieden C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, C<sub>2</sub>-C<sub>25</sub>-Alkenyl,  
 5 C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>24</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>25</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl ist,

10 X Chlor, ist,

Y Sauerstoff, Schwefel oder NR<sup>3</sup> ist,

n gleich 1 bis 5 für k = 0, und n gleich 0 bis 4 für k = 1 ist,  
 15

n' gleich 1 bis 5 für k = 0, und n' gleich 0 bis 4 für k = 1 ist

m gleich 1 ist, und

20 k gleich 1 ist.

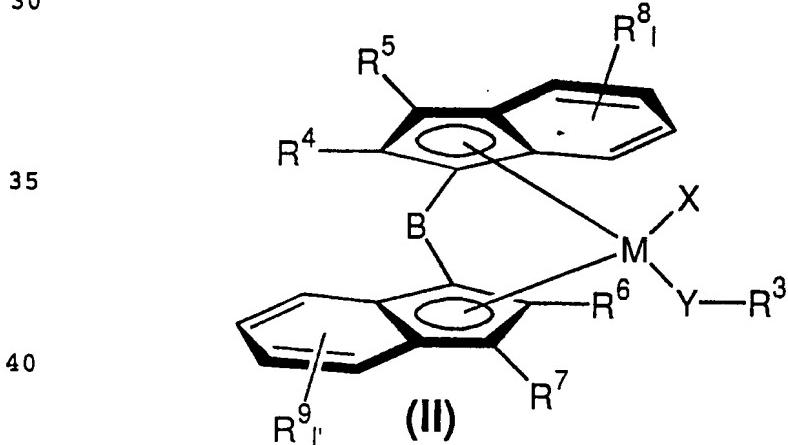
3. Verbindungen gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Formel (I) für verbrückte Metallocenverbindungen bei denen k gleich 1 ist steht.

25

4. Verbindungen gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Formel

(I) der Formel (II)

30



45 worin

- M gleich Ti, Zr oder Hf ist,
- R<sup>3</sup> gleich oder verschieden eine C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe, ist,
- 5 R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe ist,
- 10 R<sup>5</sup>, R<sup>7</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe ist,
- 15 R<sup>8</sup>, R<sup>9</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, Halogenatom oder eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub> - kohlenstoffhaltige Gruppe bedeuteten, und zwei Reste R<sup>8</sup> oder R<sup>9</sup> ein mono- oder polycyclisches Ringssystem bilden können, das seinerseits gegebenenfalls substituiert sein kann,
- X ein Halogenatom ist,
- 20 Y ein Element der 6. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente oder ein Fragment CH, CR<sup>3</sup><sub>2</sub>, NR<sup>3</sup>, PR<sup>3</sup> oder P(=O)R<sup>3</sup> ist,
- 1, 1' 25 gleich oder verschieden eine ganze Zahl zwischen Null und 4 ist
- B ein verbrückendes Strukturelement zwischen den beiden Indenylresten bezeichnet, entspricht
- 30 5. Verbindungen gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Formel (II)
- M gleich Zirkonium ist,
- 35 R<sup>3</sup> gleich oder verschieden C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>-Alkyl, C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>24</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>-Alkylaryl ist,
- 40 R<sup>4</sup>, R<sup>6</sup> 45 gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>-Alkyl, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>18</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl ist,

- R<sup>5</sup>, R<sup>7</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>-Alkyl, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, C<sub>5</sub>-C<sub>18</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl ist,
- R<sup>8</sup>, R<sup>9</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, Halogenatom, eine lineare oder verzweigte C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>-Alkylgruppe, C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenyl, C<sub>3</sub>-C<sub>15</sub>-Alkylalkenyl, eine C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Arylgruppe, die gegebenenfalls substituiert sein kann, C<sub>5</sub>-C<sub>18</sub>-Heteroaryl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl, C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl, fluorhaltiges C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, fluorhaltiges C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Aryl, fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Arylalkyl oder fluorhaltiges C<sub>7</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylaryl sind, und zwei Reste R<sup>8</sup> oder R<sup>9</sup> ein mono- oder polycyclisches Ringssystem bilden können, das seinerseits gegebenenfalls substituiert sein kann, X Chlor, ist,
- Y Sauerstoff, Schwefel oder NR<sup>3</sup> ist,
- l, l' gleich oder verschieden eine ganze Zahl 1 oder 2 sind,
- B ein verbrückendes Strukturelement zwischen den beiden Indenylresten bezeichnet.
6. Katalysator enthaltend mindestens eine Verbindung gemäß Anspruch 1 und einen Träger, sowie gegebenenfalls einen Cokatalysator.
7. Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins in Gegenwart eines Katalysators gemäß Anspruch 6.
8. Verwendung eines Katalysators gemäß Anspruch 6 zur Olefinpolymerisation.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I      ational Application No

PCT/EP 99/08851

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC 7 C07F17/00 C08F10/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C07F C08F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| X        | REPO, T. ET AL.: "phenoxy substituted zirconocenes in ethylene polymerization"<br>JOURNAL OF ORGANOMETALLIC CHEMISTRY,<br>vol. 541, 1997, pages 363-366, XP004093735<br>the whole document<br>---   | 1-8                   |
| X        | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 127, no. 12,<br>22 September 1997 (1997-09-22)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 162245,<br>HINO, T. ET AL.: "metallocene catalyst<br>for olefin polymerization and production<br>of polyolefins"<br>XP002128399<br>abstract<br>& JP 09 176221 A (SUMITOMO)<br>8 July 1997 (1997-07-08)<br>---<br>-/- | 1-8                   |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

24 January 2000

Date of mailing of the international search report

11/02/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rinkel, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 99/08851

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Category   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
| X  | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 110, no. 8,<br>20 February 1989 (1989-02-20)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 58292,<br>TSUTSUI, T. ET AL.: "high efficiency<br>catalysts for alpha olefin polymerization"<br>XP002128400<br>abstract<br>& JP 63 175004 A (MITSUI)<br>19 July 1988 (1988-07-19)<br>---   | 1-8                   |
| X  | EP 0 287 666 A (MITSUI)<br>26 October 1988 (1988-10-26)<br>the whole document<br>---  | 1-8                   |
| X  | WO 87 03887 A (MITSUI)<br>2 July 1987 (1987-07-02)<br>the whole document<br>---   | 1-8                   |
| X  | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 126, no. 20,<br>19 May 1997 (1997-05-19)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 264146,<br>SCHMIDT, KATRIN ET AL: "Photochemical<br>Isomerization of Me <sub>2</sub> Si-Bridged Zirconocene<br>Complexes. Application to Stereoselective<br>Syntheses of ansa-Zirconocene Binaphtholat<br>Stereoisomers"<br>XP002128401<br>abstract<br>& ORGANOMETALLICS (1997), 16(8), 1724-1728<br>, | 1-5                   |
| X  | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 117, no. 17,<br>26 October 1992 (1992-10-26)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 171616,<br>WANG, YING ET AL: "Reactions of<br>sila-bridged biscyclopentadienyl IVB group<br>metal dichlorides"<br>XP002128402<br>abstract<br>& YOUJI HUAXUE (1992), 12(3), 286-90 ,<br>---   | 1-5                   |
| X  | DORMOND, A. ET AL: "Dynamic<br>stereochemistry of titanium(III). fwdarw.<br>titanium(IV) transformation for complexes<br>with 2 cyclopentadienyl ligands"<br>J. ORGANOMET. CHEM. (1979), 165(3), 319-27<br>, XP002128396<br>the whole document<br>---   | 1-5                   |

-/-

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 99/08851

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| X  | DORMOND, ALAIN ET AL: "Aryloxy complexes of dicyclopentadienyltitanium(III) derivatives"<br>J. ORGANOMET. CHEM. (1977), 125(1), 63-9 ,<br>XP002128397<br>the whole document<br>---   | 1-5                   |
| X  | DORMOND, A. ET AL: "Pseudotetrahedral complexes of titanium with metal-centered chirality"<br>J. ORGANOMET. CHEM. (1975), 101(1), 71-84<br>, XP002128398<br>the whole document<br>---  | 1-5                   |
| X  | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 83, no. 1,<br>7 July 1975 (1975-07-07)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 10328,<br>DORMOND, ALAIN ET AL: "Diastereoisomerism in the titanocene series. Synthesis of diastereoisomers with a chiral element on the trimethylene group of a bridged structure"<br>XP002128403<br>abstract<br>& C. R. HEBD. SEANCES ACAD. SCI., SER. C<br>(1975), 280(7), 477-9 ,<br>---- | 1-5                   |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT EP/99/08851

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  

See supplemental sheet ADDITIONAL MATTER PCT/ISA/210
  
3.  Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No

PCT/EP 99/08851

**ADDITIONAL MATTER PCT/ISA/210**

The initial phase of the search revealed a very large number of documents that were prejudicial as to novelty. This number is so large that it is impossible to establish from the totality of the claims which possible protection could rightfully be sought. For these reasons a meaningful search covering the entire scope of the claims seems impossible. The search was therefore limited to the following :

Compounds of formula (I), wherein R3 is a phenyl group that can be optionally substituted or condensed.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims, or parts of claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). EPO policy, when acting as an International Preliminary Examining Authority, is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case, irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report (Article 19 PCT) or during any Chapter II procedure whereby the applicant provides new claims.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/08851

| Patent document cited in search report |   | Publication date | Patent family member(s)   |  | Publication date |
|--|---|------------------|---|--|------------------|
| JP 9176221                             | A | 08-07-1997       | NONE  |  |                  |
| JP 63175004                            | A | 19-07-1988       | JP 2042369 C<br>JP 7080932 B  | 09-04-1996<br>30-08-1995   |                  |
| EP 287666                              | A | 26-10-1988       | JP 7080931 B<br>JP 63089506 A<br>JP 7080937 B<br>JP 63089505 A<br>AT 89836 T<br>AT 114678 T<br>AT 177759 T<br>DE 3750818 D<br>DE 3750818 T<br>DE 3752260 D<br>DE 3752260 T<br>DE 3786013 A<br>EP 0406912 A<br>EP 0594218 A<br>EP 0812862 A<br>WO 8802378 A<br>JP 2610796 B<br>JP 8100020 A<br>JP 2502071 B<br>JP 63178108 A<br>KR 9201352 B<br>US 5700749 A | 30-08-1995<br>20-04-1988<br>30-08-1995<br>20-04-1988<br>15-06-1993<br>15-12-1994<br>15-04-1999<br>12-01-1995<br>20-04-1995<br>22-04-1999<br>02-09-1999<br>01-07-1993<br>09-01-1991<br>27-04-1994<br>17-12-1997<br>07-04-1988<br>14-05-1997<br>16-04-1996<br>29-05-1996<br>22-07-1988<br>11-02-1992<br>23-12-1997 |                  |
| WO 8703887                             | A | 02-07-1987       | AT 72819 T<br>CN 1036016 A,B<br>DE 3684018 A<br>EP 0250601 A<br>JP 7080930 B<br>JP 62230802 A<br>US 5700750 A<br>US 5807801 A   | 15-03-1992<br>04-10-1989<br>02-04-1992<br>07-01-1988<br>30-08-1995<br>09-10-1987<br>23-12-1997<br>15-09-1998   |                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/08851

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 C07F17/00 C08F10/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 C07F C08F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie <sup>a</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------------------|---|--------------------|
| X                      | REPO, T. ET AL.: "phenoxy substituted zirconocenes in ethylene polymerization"<br>JOURNAL OF ORGANOMETALLIC CHEMISTRY,<br>Bd. 541, 1997, Seiten 363-366, XP004093735<br>das ganze Dokument<br>---   | 1-8                |
| X                      | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 127, no. 12,<br>22. September 1997 (1997-09-22)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 162245,<br>HINO, T. ET AL.: "metallocene catalyst<br>for olefin polymerization and production<br>of polyolefins"<br>XP002128399<br>Zusammenfassung<br>& JP 09 176221 A (SUMITOMO)<br>8. Juli 1997 (1997-07-08)<br>--- | 1-8                |
|                        | -/-   |                    |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

|   |   |
|---|---|
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche   | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts |
| 24. Januar 2000   | 11/02/2000  |
| Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Rinkel, L      |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/08851

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Kategorie*   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
| X  | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 110, no. 8,<br>20. Februar 1989 (1989-02-20)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 58292,<br>TSUTSUI, T. ET AL.: "high efficiency<br>catalysts for alpha olefin polymerization"<br>XP002128400<br>Zusammenfassung<br>& JP 63 175004 A (MITSUI)<br>19. Juli 1988 (1988-07-19)<br>---  | 1-8                |
| X  | EP 0 287 666 A (MITSUI)<br>26. Oktober 1988 (1988-10-26)<br>das ganze Dokument<br>---  | 1-8                |
| X  | WO 87 03887 A (MITSUI)<br>2. Juli 1987 (1987-07-02)<br>das ganze Dokument<br>---   | 1-8                |
| X  | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 126, no. 20,<br>19. Mai 1997 (1997-05-19)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 264146,<br>SCHMIDT, KATRIN ET AL: "Photochemical<br>Isomerization of Me2Si-Bridged Zirconocene<br>Complexes. Application to Stereoselective<br>Syntheses of ansa-Zirconocene Binaphtholat<br>Stereoisomers"<br>XP002128401<br>Zusammenfassung<br>& ORGANOMETALLICS (1997), 16(8), 1724-1728<br>, | 1-5                |
| X  | ---  |                    |
| X  | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 117, no. 17,<br>26. Oktober 1992 (1992-10-26)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 171616,<br>WANG, YING ET AL: "Reactions of<br>sila-bridged biscyclopentadienyl IVB group<br>metal dichlorides"<br>XP002128402<br>Zusammenfassung<br>& YOUJI HUAXUE (1992), 12(3), 286-90 ,<br>---  | 1-5                |
| X  | DORMOND, A. ET AL: "Dynamic<br>stereochemistry of titanium(III). fwdarw.<br>titanium(IV) transformation for complexes<br>with 2 cyclopentadienyl ligands"<br>J. ORGANOMET. CHEM. (1979), 165(3), 319-27<br>, XP002128396<br>das ganze Dokument<br>---  | 1-5                |
|  | -/-  |                    |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/08851

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | DORMOND, ALAIN ET AL: "Aryloxy complexes of dicyclopentadienyltitanium(III) derivatives"<br>J. ORGANOMET. CHEM. (1977), 125(1), 63-9 ,<br>XP002128397<br>das ganze Dokument<br>---  | 1-5                |
| X          | DORMOND, A. ET AL: "Pseudotetrahedral complexes of titanium with metal-centered chirality"<br>J. ORGANOMET. CHEM. (1975), 101(1), 71-84<br>, XP002128398<br>das ganze Dokument<br>---   | 1-5                |
| X          | CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 83, no. 1,<br>7. Juli 1975 (1975-07-07)<br>Columbus, Ohio, US;<br>abstract no. 10328,<br>DORMOND, ALAIN ET AL: "Diastereoisomerism in the titanocene series. Synthesis of diastereoisomers with a chiral element on the trimethylene group of a bridged structure"<br>XP002128403<br>Zusammenfassung<br>& C. R. HEBD. SEANCES ACAD. SCI., SER. C<br>(1975), 280(7), 477-9 ,<br>----- | 1-5                |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

...internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/08851

**Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich  
siehe Zusatzblatt WEITERE ANGABEN PCT/ISA/210
  
3.  Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

**Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs** Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt. Die Zahlung zusätzlicher Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

|  |              |
|--|--------------|
| WEITERE ANGABEN  | PCT/ISA/ 210 |
| <p>Fortsetzung von Feld I.2</p> <p>Die Recherche ergab in ihrer Anfangsphase eine sehr große Zahl neuheitsschädlicher Dokumente. Diese Zahl ist so groß, daß sich unmöglich feststellen lässt, für was in der Gesamtheit der Patentansprüche eventuell nach zu Recht Schutz begehrt werden könnte (Art. 6 PCT). Aus diesen Gründen erscheint eine sinnvolle Recherche über den gesamten Bereich der Patentansprüche unmöglich. Die Recherche wurde daher beschränkt auf:</p> <p>Verbindungen der Formel (I), worin R3 eine Phenylgruppe ist welche gegebenenfalls substituiert oder kondensiert sein kann.</p> <p>Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß Patentansprüche, oder Teile von Patentansprüchen, auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, daß die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, daß der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäß Kapitel II PCT neue Patentanprüche vorlegt.</p> |              |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**  
Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

I. Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/08851

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument |   | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie  |  | Datum der Veröffentlichung   |
|---|---|----------------------------|---|--|--|
| JP 9176221                                      | A | 08-07-1997                 | KEINE   |  |  |
| JP 63175004                                     | A | 19-07-1988                 | JP 2042369 C<br>JP 7080932 B  |  | 09-04-1996<br>30-08-1995   |
| EP 287666                                       | A | 26-10-1988                 | JP 7080931 B<br>JP 63089506 A<br>JP 7080937 B<br>JP 63089505 A<br>AT 89836 T<br>AT 114678 T<br>AT 177759 T<br>DE 3750818 D<br>DE 3750818 T<br>DE 3752260 D<br>DE 3752260 T<br>DE 3786013 A<br>EP 0406912 A<br>EP 0594218 A<br>EP 0812862 A<br>WO 8802378 A<br>JP 2610796 B<br>JP 8100020 A<br>JP 2502071 B<br>JP 63178108 A<br>KR 9201352 B<br>US 5700749 A |  | 30-08-1995<br>20-04-1988<br>30-08-1995<br>20-04-1988<br>15-06-1993<br>15-12-1994<br>15-04-1999<br>12-01-1995<br>20-04-1995<br>22-04-1999<br>02-09-1999<br>01-07-1993<br>09-01-1991<br>27-04-1994<br>17-12-1997<br>07-04-1988<br>14-05-1997<br>16-04-1996<br>29-05-1996<br>22-07-1988<br>11-02-1992<br>23-12-1997 |
| WO 8703887                                      | A | 02-07-1987                 | AT 72819 T<br>CN 1036016 A, B<br>DE 3684018 A<br>EP 0250601 A<br>JP 7080930 B<br>JP 62230802 A<br>US 5700750 A<br>US 5807801 A  |  | 15-03-1992<br>04-10-1989<br>02-04-1992<br>07-01-1988<br>30-08-1995<br>09-10-1987<br>23-12-1997<br>15-09-1998   |